

**“UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE DESIGN**

DESIGN DE PRÓTESES E SUA INFLUÊNCIA NO USUÁRIO

Amanda Coelho Figliolia

Orientador: Prof. Dr. Fausto Orsi Medola

2018

**“UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE DESIGN**

DESIGN DE PRÓTESES E SUA INFLUÊNCIA NO USUÁRIO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao Departamento de Design, da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para a obtenção do título de Bacharel em Design de Produto.

Orientador: Prof. Dr. Fausto Orsi Medola

BAURU
2018

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente à minha família por todo o apoio e incentivo que sempre me deram e por terem contribuído diretamente no meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Agradeço ao meu orientador por todo o auxílio e conhecimento que pude adquirir no desenvolvimento desse projeto e ao longo das disciplinas cursadas.

Agradeço ao coordenador e a todos os membros das gestões que fiz parte no CADEP, por todas as experiências e conhecimentos que vivenciei e adquiri.

Agradeço aos meus amigos e todas as pessoas que de alguma forma me auxiliaram no desenvolvimento desse projeto.

Agradeço à Equipe PACBAJA pelas experiências vivenciadas e conhecimentos adquiridos que contribuíram para o meu desenvolvimento profissional.

Agradeço à SORRI pela parceria e auxílio no desenvolvimento do projeto.

Agradeço ao CNPq (PIBIC/PIBITI 2017/2018 - EDITAL 04/2017 – PROPe) por permitir o desenvolvimento da pesquisa de Iniciação Científica, parte integrante desse projeto.

Resumo

O uso de próteses ortopédicas decorre de doenças ou acidentes que geraram uma amputação, e o número de usuários ou de pessoas que necessitam utilizar próteses é elevado. Entretanto, muitas dessas próteses acabam não desempenhando sua função de forma eficiente, o que sugere a necessidade de desenvolvê-las adequando-as às necessidades do usuário e analisando as implicações do seu uso na percepção de autoimagem e autoestima do usuário. Dessa forma, o projeto, parte integrante de uma pesquisa maior em andamento, tem como objetivo explorar as questões relacionadas à autoimagem e autoestima, através de estudo realizado com um total pré-definido de sujeitos, e o desenvolvimento de uma prótese transradial mecânica para um paciente da SORRI - Bauru. Em que foram analisadas as necessidades e expectativas do usuário e a confecção da prótese utilizando tecnologias de prototipagem rápida (PR), que permitem uma maior originalidade e capacidade de personalização, além do processo ser mais rápido que o convencional. Os resultados da pesquisa sugerem que o design da prótese interfere na usabilidade, podendo ocasionar no abandono do dispositivo, e afeta em algum grau a percepção do usuário em relação aos aspectos psicológicos. O design centrado no usuário, no desenvolvimento da prótese, teve contribuições significativas no processo.

Palavras-chave: Design, Tecnologias assistivas, prototipagem rápida, prótese, autoimagem, autoestima.

Abstract

The use of orthopedic prosthesis is due to diseases or accidents that caused an amputation and the number of users or people who need to use prosthesis is high. However, many of this prosthesis ends up not performing its function efficiently which suggests the necessity of development by adapting them to the user's needs and analyzing the implications of their usage in the user's perception of self-image and self-esteem. This way, the project, part of a bigger ongoing research, that aims to explore questions related to self-image and self-esteem, through a study with a predefined total of subjects, and the development of a mechanical transradial prosthesis for a patient from SORRI - Bauru, in which were analyzed the needs and expectations of the user and the prosthesis will be prototyped using rapid prototyping (RP), which allows more originality and capacity of customization, in addition to the process be faster than the conventional. The results of the research suggest that the prosthesis design interferes in its usability, which can lead to the abandonment of the device, and affects in some degree the psychological aspects of the user's perception. The user-centered design, in the prosthesis development, had significant contributions in the process.

Keywords: Design, Assistive Technologies, Rapid Prototyping, Prosthesis, Self-image, Self-esteem.

Lista de figuras

Figura 1: demonstração das pessoas que necessitam de tecnologia assistiva.	16
Figura 2: Tipos de amputação mediopé.	17
Figura 3: Níveis de amputação.	18
Figura 4: Próteses auditivas.	19
Figura 5: Prótese parcial fixa ou “ponte”.	19
Figura 6: Prótese ocular e concha protética, respectivamente.	20
Figura 7: Prótese estética de dedos e da mão, respectivamente.	20
Figura 8: Prótese endoesquelética para desarticulação do joelho, com joelho em titânio.	21
Figura 9: Prótese exoesquelética.	21
Figura 10: Prótese transradial mecânica.	22
Figura 11: Prótese transradial mioelétrica.	22
Figura 12: Prótese pneumática de desarticulação do ombro.	23
Figura 13: Prótese híbrida: desarticulação do punho e cotovelo mioelétricas e desarticulação do ombro mecânica.	23
Figura 14: Exemplo de peça impressa por SLA.	25
Figura 15: Processo IJP, representado pela tecnologia PolyJet da empresa Object Geometries LTD e um exemplo de peça produzida.	25
Figura 16: Processo FDM.	26
Figura 17: Exemplo de peça impressa em PLA, no CADEP.	26
Figura 18: Processo 3DP.	27
Figura 19: Exemplo de peça produzida por 3DP.	28
Figura 20: Richard com a Robohand e a MakerBot Replicator 2 Desktop 3D Printer.	30
Figura 21: Resultados da Escala de Imagem Corporal (BIS) para o grupo de sujeitos apresentado em forma de box plot: mediana, intervalo interquartil (25-75), mínimo e máximo.	33
Figura 22: Resultados dos escores do B-Quest para o grupo de sujeitos: apresentando a média e DP Geral.	35
Figura 23: Resultados da lista de doze itens do B-Quest em que cada sujeito listou três deles.	35
Figura 24: Usuário com destaque para o coto e tipo de amputação.	36
Figura 25: Prótese transradial desenvolvida pela SORRI	37
Figura 26: Usuário utilizando a prótese transradial desenvolvida pela SORRI.	37
Figura 27: The UnLimbited Arm v2.1 - Alfie Edition.	38
Figura 28: Processo de moldagem do coto.	39
Figura 29: Digitalização óptica tridimensional.	39
Figura 30: Modelo físico em gesso preparado para a digitalização 3D.	40
Figura 31: Modelo virtual.	40
Figura 32: Exemplo de prótese transradial open source personalizadas.	42
Figura 33: Exemplo de prótese transradial open source personalizadas.	42
Figura 34: Exemplos de prótese transradial open source personalizadas.	43
Figura 35: Instrução das medidas a serem coletadas.	44
Figura 36: Arquivo do antebraço no Customizer, no Thingiverse.	44
Figura 37: Arquivo virtual da palma da mão com as devidas personalizações.	45
Figura 38: Arquivo virtual do antebraço customizado em perspectiva.	45
Figura 39: Modelagem do logo do Barcelona.	46
Figura 40: Render do logo do Barcelona.	46
Figura 41: Arquivo virtual da braçadeira customizada com o nome do usuário.	46
Figura 42: Processo da montagem virtual da prótese, vista superior, em perspectiva, frontal e direita.	47
Figura 43: Alinhamento durante o processo da montagem virtual da prótese, vista superior, em perspectiva, frontal e direita.	47

- Figura 44: Render da montagem da prótese virtual, com foco na montagem da mão, vista superior e em perspectiva, frontal e direita. 48
- Figura 45: Render da montagem da prótese virtual, vista superior e em perspectiva, frontal e direita. 48
- Figura 46: Arquivos da prótese finalizados prontos para a prototipagem, vista superior e em perspectiva, respectivamente. 49

Lista de tabelas

Tabela 1: Distribuição percentual da população residente, por tipo de deficiência, segundo o sexo e os grupos de idade	14
Tabela 2: Frequência de procedimentos de amputação no SUS por causa.	15
Tabela 3: Questionário da Escala de Imagem Corporal (BIS).	32
Tabela 4: Protocolo de Avaliação da Satisfação do Usuário com a Tecnologia Assistiva de Quebec [B-Quest(2.0)], questionário com os doze itens, em que cada seção foi separada por uma cor, representando Recursos e Serviço, respectivamente.	34

Sumário

1.0 – Introdução	10
2.0 – Objetivos	13
2.1 - Geral	13
2.2 - Específicos	13
3.0 - Fundamentação teórica	14
3.1 - Contextualização/Dados	14
3.2 – Deficiência	15
3.3 - Tecnologias Assistivas (TAs)	15
3.4 – Amputação	17
3.4.1 – Definição	17
3.4.2 - Níveis de amputação	17
3.5 – Prótese	18
3.5.1 – Definição	18
3.5.2 - Tipos de prótese	18
3.6 - Processo de fabricação: Prototipagem rápida	24
3.6.1 - Processos baseados em líquido	24
3.6.2 - Processos baseados em sólido	25
3.6.3 - Processos baseados em pó	27
3.6.4 - Prototipagem rápida aplicada na área médica	28
3.7 - Design aplicado no desenvolvimento da prótese	29
4.0 – Desenvolvimento	31
4.1 - Avaliação da percepção dos usuários analisando os aspectos relacionados à autoimagem e autoestima e funcionalidade	31
4.2 - Estudo de caso	36
4.2.1 – Identificação	36
4.2.2 - Digitalização óptica tridimensional do molde do coto	38
4.2.3 - Entrevista presencial	40
4.2.4 - Modelagem tridimensional e customização	43
4.2.5 - Prototipagem rápida	49
4.2.5.1 Materiais para a impressão 3D	49
5.0 – Conclusão	50
6.0 - Referências bibliográficas e infográficas	52

1.0 – Introdução

Quando criança, eu queria cursar medicina veterinária, pois sempre gostei muito de animais. Entretanto, sempre me senti bem ajudando pessoas, o que me fez pensar em cursar medicina. Contudo, após me formar no colegial, fiz um intercâmbio de high school para o Canadá, e nesse período cursei a disciplina de estudos em design, que novamente despertou meu lado relacionado a criar objetos, pois quando criança eu tinha muitos hobbies relacionados à criatividade e atividades manuais. Retornando ao Brasil, mudei meu foco para arquitetura, mas passado alguns meses vi que o design talvez fosse a área em que eu me via exercendo uma profissão. Então iniciei meus estudos na UTFPR - Curitiba em bacharelado em Design, e percebi que estava realmente cursando a área certa. Alguns meses depois, entrei na UNESP e vim cursar Design de Produto. Na primeira semana de aula, assisti algumas palestras dos projetos de extensão, e ao descobrir o Centro Avançado de Desenvolvimento de Produtos (CADEP), o projeto em que haviam desenvolvido um bico para um tucano e todo o potencial e possibilidades que o CADEP poderia fornecer, eu prestei o processo seletivo e desde o meu primeiro ano na UNESP pude fazer parte da equipe do CADEP. Foi com certeza uma das melhores decisões que tomei em toda a minha graduação e que me permitiu crescer muito tanto profissional quanto pessoalmente. No CADEP, tive a oportunidade de vivenciar experiências de gestão e como o laboratório funciona como uma empresa de verdade, pude aprender a lidar diretamente com os clientes, assistência técnica, fornecedores e participar de diferentes projetos multidisciplinares. Realizar o projeto de desenvolvimento de implantes em conjunto com a UNESP de Botucatu, foi uma experiência que inicialmente deixou nossa equipe um pouco apreensiva, devido à grande responsabilidade que esse tipo de projeto demanda, mas ficamos muito felizes em poder participar desse projeto e produzirmos algo que ajudou de fato a vida de uma pessoa. Após esse projeto, passei a ver uma grande ponte entre o design e a medicina e como é importante ambas áreas serem trabalhadas em conjunto, o que permite melhores resultados e maior personalização. Então iniciei minhas pesquisas e aprendizado no Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI), juntamente com a SORRI - Bauru e passei a desenvolver uma iniciação científica em que pude aprofundar meus conhecimentos em ergonomia e no design de prótese.

A quantidade de pessoas portadoras de alguma deficiência tanto no Brasil quanto no mundo é elevada. De acordo com a World Health Organization (WHO), “Em 2004, [...] haveria 25,5 milhões de pessoas necessitadas de próteses/aparelhos ortopédicos.”, que vivem em países em desenvolvimento e representam 80% das mais de 600 milhões de pessoas que possuem alguma deficiência. De acordo com a Cartilha do Censo 2010 - Pessoas com Deficiência (IBGE, 2010), no Brasil 23,92% da população possui algum tipo de deficiência.

Outro fator a ser levado em conta é que a maioria dessas pessoas possui baixa renda e conseqüentemente acesso limitado aos serviços de saúde e reabilitação. Este contexto contribui com uma forma de exclusão perante à sociedade. A Organização Mundial de Saúde (WHO, 2004, p. 5-6) considera que "...a grande maioria dessas pessoas pode permanecer livre de deformidades ou ser restabelecida em suas funções na sociedade se for provida de próteses/aparelhos ortopédicos adequados". Ao desempenharem funções que objetivam promover a funcionalidade e independência de pessoas com deficiência, estes dispositivos caracterizam-se como Tecnologias Assistivas (TAs), hoje reconhecidamente uma área de conhecimento multidisciplinar em pleno desenvolvimento.

As novas tecnologias de desenvolvimento de produtos têm contribuído no projeto de produtos assistivos ao oferecerem condições de projetos personalizados que, em última análise, favorecem a aceitação e satisfação do usuário. Segundo Gibson (2005, p. 1-2), a prototipagem rápida (PR) é uma tecnologia emergente, e tem sido descrita e estudada em vários livros e que inclusive alguns publicados recentemente incluíram a PR em aplicações médicas. Tais aplicações estão se expandindo na área médica conforme seus reais benefícios se tornam mais conhecidos e apreciados.

Com o uso das emergentes tecnologias de impressão 3D no processo de prototipagem das próteses, torna-se importante o estudo dessas novas tecnologias, bem como o estudo das tecnologias de prototipagem rápida e os materiais adequados a serem utilizados, além das melhorias que estas podem trazer para o processo.

Contudo, o uso da prótese não interfere apenas fisicamente na vida de seu usuário, pois o dispositivo adquire a função de substituir uma parte do corpo adquirindo dessa forma uma significância simbólica. Portanto, uma amputação pode significar para um indivíduo a perda de uma referência de sua identidade, pois conforme Villaça (1998) afirma, os indivíduos atribuem uma carga total ou parcial de sua identidade às partes de seu corpo. Segundo Bispo e Branco(2008), no caso de pessoas com deficiências, as TAs passam a ser também percebidas como símbolos dos estigmas associados à deficiência. As características formais dos objetos, tais como desenho, cor, material ou acabamento, são desencadeadores do estigma negativo. Essa associação negativa tem sido tema de diversos estudos envolvendo TAs (BISPO;BRANCO,2008;LANUTTIetal.,2015; VAES, 2014; VASQUEZ,2016). Tal perspectiva é potencialmente problemática, uma vez que essa relação simbólica pode dificultar a aceitação, satisfação e, em última análise, a inclusão de usuários de TAs no contexto de vida social. Estudar a questão da percepção estética e simbólica referente às TAs é importante pois pode atuar como elemento redutor dos índices de abandono desses produtos.

O presente projeto tem como objetivos estudar o design de próteses em suas funções práticas (funcionalidade e usabilidade), estéticas e simbólicas (percepção de autoimagem e

autotoestima) a partir da perspectiva do usuário, as contribuições das tecnologias de prototipagem rápida na confecção das próteses e o desenvolvimento de um estudo de caso, desenvolvendo uma prótese de membro superior personalizada para um paciente da SORRI. Este projeto é parte integrante de uma iniciação científica desenvolvida no Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI) e no Centro Avançado de Desenvolvimento de Produtos (CADEP), UNESP - Bauru em parceria com o Centro Especializado em Reabilitação SORRI - Bauru.

2.0 – Objetivos

2.1 - Geral

Este projeto possui dois principais objetivos que consistem na avaliação da satisfação dos usuários de próteses para com o produto e sua influência na percepção dos aspectos psicológicos relacionados ao uso da prótese, e no desenvolvimento de uma prótese personalizada.

2.2 - Específicos

Caracterizam-se como objetivos específicos deste projeto:

- ❖ Aplicação de questionários nos pacientes protetizados da SORRI, maiores de 18 anos, com o intuito de avaliar tanto a satisfação dos usuários com a sua prótese, nos quesitos funcionalidade, usabilidade e estética, quanto à percepção de autoimagem e autoestima do usuário após ocorrida a amputação e necessidade do uso do dispositivo.
- ❖ Desenvolver uma prótese “sob medida”, personalizada, para um paciente da SORRI - Bauru.
- ❖ Estudar a viabilidade do projeto, de que forma o uso das tecnologias de prototipagem rápida contribuem na confecção das próteses e a importância da sua personalização.

3.0 - Fundamentação teórica

3.1 - Contextualização/Dados

No Brasil, a Cartilha do Censo 2010 - Pessoas com Deficiência (IBGE, 2010), afirma que 23,9% da população possui algum tipo de deficiência (visual, auditiva, motora e mental ou intelectual). Os resultados estão descritos na Tabela 8 do Censo 2010, (Tabela 1). Ainda de acordo com esta cartilha, na página 5, são descritas algumas informações referentes aos dados coletados em que “A deficiência foi classificada pelo grau de severidade de acordo com a percepção das próprias pessoas entrevistadas sobre suas funcionalidades. A avaliação foi feita com o uso de facilitadores como óculos e lentes de contato, aparelhos de audição, bengalas e próteses.”.

Sexo e grupos de idade	Distribuição percentual da população residente (%)						
	Total (1) (2)	Tipo de deficiência					Nenhuma destas deficiências (3)
		Pelo menos uma das deficiências enumeradas (1)	Visual	Auditiva	Motora	Mental ou intelectual	
Total	100,0	23,9	18,8	5,1	7,0	1,4	76,1
0 a 14 anos	100,0	7,5	5,3	1,3	1,0	0,9	92,5
15 a 64 anos	100,0	24,9	20,1	4,2	5,7	1,4	75,0
65 anos ou mais	100,0	67,7	49,8	25,6	38,3	2,9	32,3
Homens	100,0	21,2	16,0	5,3	5,3	1,5	78,8
0 a 14 anos	100,0	7,3	4,8	1,4	1,0	1,0	92,7
15 a 64 anos	100,0	22,2	17,1	4,5	4,5	1,6	77,8
65 anos ou mais	100,0	64,6	47,3	28,2	30,9	2,8	35,4
Mulheres	100,0	26,5	21,4	4,9	8,5	1,2	73,5
0 a 14 anos	100,0	7,8	5,9	1,3	1,0	0,7	92,2
15 a 64 anos	100,0	27,6	23,1	4,0	6,8	1,2	72,4
65 anos ou mais	100,0	70,1	51,7	23,6	44,0	3,0	29,9

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010.

(1) As pessoas incluídas em mais de um tipo de deficiência foram contadas apenas uma vez. (2) Inclusive as pessoas sem declaração destas deficiências. (3) Inclusive a população sem qualquer tipo de deficiência.

Tabela 1: Distribuição percentual da população residente, por tipo de deficiência, segundo o sexo e os grupos de idade - Brasil - 2010

De acordo com as Diretrizes de Atenção à Pessoa Amputada (2013) “estima-se que as amputações do membro inferior correspondam a 85% de todas as amputações de membros, apesar de não haver informações precisas sobre este assunto no Brasil. Em 2011, cerca de 94% das amputações realizadas no SUS foram

no membro inferior [...] encontramos que aproximadamente 80% das amputações de membros inferiores são realizadas em pacientes com doença cardiovascular periférica e/ou diabetes. As amputações por causas traumáticas prevalecem em acidentes de trânsito e ferimentos por arma de fogo, sendo essa a segunda maior causa.”

	Causas	Frequência	%
1	Causas externas	16.294	33,1%
2	Algumas doenças infecciosas e parasitárias	8.808	17,9%
3	Doenças do aparelho circulatório	7.905	16,1%
4	Diabetes	6.672	13,6%
5	Gangrena (não classificada em outra parte)	5.136	10,4%
6	Doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo	2.961	6,0%
7	Neoplasias	957	1,9%
8	Doenças da pele e do tecido subcutâneo	230	0,5%
9	Malformações congênitas, deformidades e anomalias cromossômicas	202	0,4%
	Total	49.165	100%

Tabela 2: Frequência de procedimentos de amputação no SUS por causa. (Fonte: SIHSUS, 2011)

3.2 – Deficiência

De acordo com o Anexo 1 - Questões de taxonomia e de terminologia da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF), desenvolvida pela Organização Mundial de Saúde (OMS ou World Health Organization - WHO), “**Deficiência** é uma perda ou anormalidade de uma estrutura do corpo ou de uma função fisiológica (incluindo funções mentais). Na CIF, o termo anormalidade refere-se estritamente a uma variação significativa das normas estatisticamente estabelecidas (i.e. como um desvio de uma média na população obtida usando normas padronizadas de medida) e deve ser utilizado apenas neste sentido.”.

3.3 - Tecnologias Assistivas (TAs)

De acordo com o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), Ata 7 de 14 de dezembro de 2007, “Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e

participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.”

Dentre as tecnologias e dispositivos assistivos, encontram-se desde hardwares e softwares especializados (para melhorar a visão e audição, por exemplo), que permitem ao usuário utilizar o computador e também se comunica, até os dispositivos que auxiliam a visão e postura, as órteses e próteses e cadeiras de roda.

As próteses são os dispositivos que possuem como função substituir um membro amputado ou que sofreu alguma deformação. Diferentemente da órtese, que consiste em “todo aparelho destinado a sustentar todo ou parte do peso do corpo, corrigir deformidades, evitar deformidades, imobilizar ou limitar movimentos de parte ou de todo o membro”. (Boccolini F.; 2000).



Figura 1: demonstração das pessoas que necessitam de tecnologia assistiva. (Fonte: http://www.who.int/phi/implementation/assistive_technology/low_res_english.pdf)

3.4 – Amputação

3.4.1 – Definição

As Diretrizes de Atenção à Pessoa Amputada (BRASIL, 2013), classificam a amputação como sendo “o termo utilizado para definir a retirada total ou parcial de um membro, sendo este um método de tratamento para diversas doenças”. Somado à essa definição, o Diabetic Foot Disorders (2006) classifica amputação não apenas em decorrência de diversas doenças, mas também por meios traumáticos e define que “uma amputação menor (*minor*) é definida como distal ou através da articulação tarsometatársica (antepé, transmetatarsal e articulação de Lisfranc). Amputações principais (*major*) são aquelas que ocorrem proximais à articulação tarsometatársica (articulação de Chopart, Boyd, Syme, abaixo do joelho e acima do joelho).”

3.4.2 - Níveis de amputação

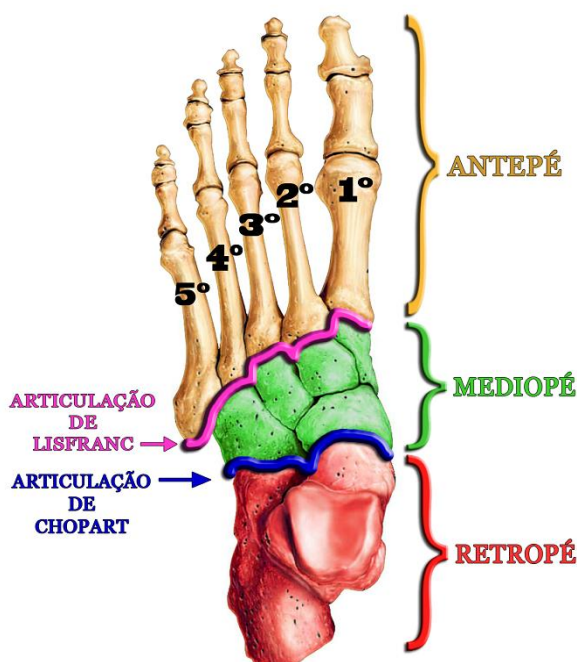


Figura 2: Tipos de amputação mediopé. (Fonte <http://clinicaecirurgiadope.com.br/artigos/24?artigo=36>)

Níveis de amputação

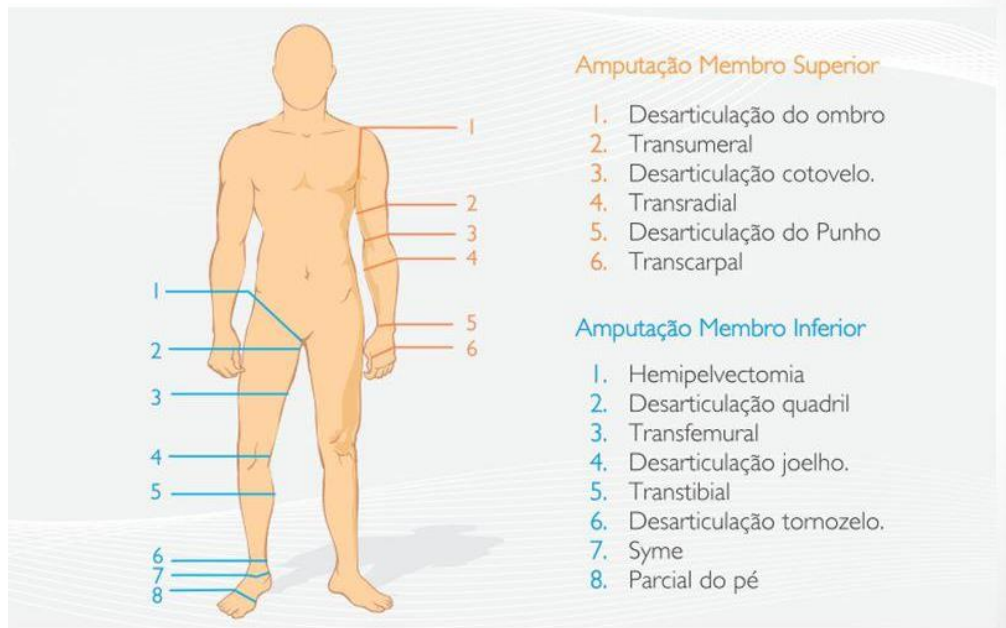


Figura 3: Níveis de amputação. (Fonte: <http://tudolablog.blogspot.com.br/>)

3.5 – Prótese

3.5.1 – Definição

De acordo com a World Health Organization (Standards for prosthetics and orthotics - Part 1. Standards, 2017), a prótese é definida como sendo um dispositivo aplicado externamente utilizado para substituir total ou parcialmente um segmento de membro (braço ou perna) ausente ou deficiente.

3.5.2 - Tipos de prótese

Existem vários tipos de próteses, sendo que cada um deles tem como função substituir um membro específico. Dentre eles, destacam-se:

❖ Próteses auditivas

- São dispositivos que tem como objetivo ampliar o som de forma que o usuário consiga identificar sons e sinais de alerta. Alguns exemplos de próteses auditivas estão representados na Figura 4.



Figura 4: Próteses auditivas. (Fonte: <http://redesaparelhosauditivos.com/wp-content/uploads/2016/07/aparelhoauditivo.jpg>)

❖ Prótese dentária

- Tem como função substituir um ou mais dentes e pode ser ou removível ou fixa, sendo que cada tipo varia entre parcial ou total. Um exemplo de prótese dentária total removível é a dentadura. Exemplo a seguir na Figura 5.



Figura 5: Prótese parcial fixa ou "ponte". (Fonte: <http://www.dentebelo.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/05/dentebelo-300x200.jpg>)

❖ Prótese ocular

- É um dispositivo que substitui o globo ocular, tendo ao menos uma das seguintes funções: evitar atrofia da pálpebra e na estética, cuidando dos aspectos psicológicos relacionados à autoestima do usuário. Exemplos a seguir na Figura 6.



Figura 6: Prótese ocular e concha protética, respectivamente. (Fonte: <http://www.aptoimed.com.br/canal/Oftalmologia/Orbita-e-Vias-Lacrimais/Protese-Ocular>)

❖ Prótese estética ou passiva

- São próteses que tem como objetivo complementar um membro, entretanto sua função é puramente estética/visual, pois o membro não substitui a função motora do membro amputado, por exemplo a prótese estética da mão, o material da prótese será desenvolvido com aspecto semelhante ao do corpo do usuário, para visualmente não ter nenhuma diferença de outra parte do corpo, mas a prótese não terá nenhum tipo de movimento motor. Exemplos a seguir na Figura 7.



Figura 7: Prótese estética de dedos e da mão, respectivamente. (Fonte: <https://www.ortosan.com.br/produtos/proteses-esteticas-e-ou-cosmeticas-sob-medida/19>)

❖ Prótese endoesquelética ou modular ou tubular

- A sustentação da prótese endoesquelética é feita através de um suporte modular interno, normalmente fabricado com algum tipo de metal.

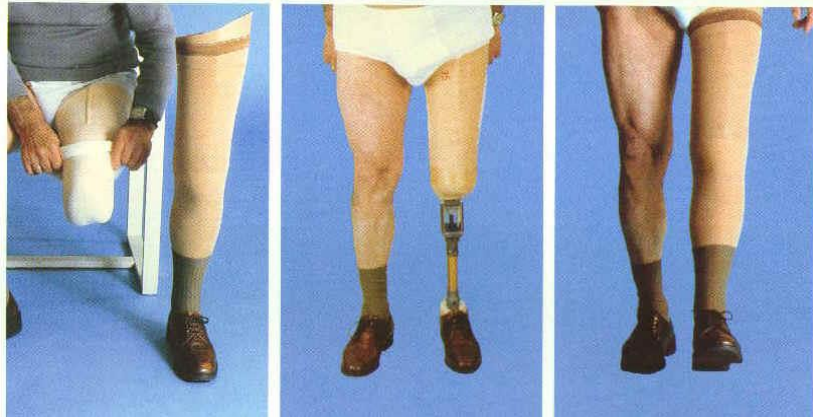


Figura 8: Prótese endoesquelética para desarticulação do joelho, com joelho em titânio. (Fonte: http://www.geocities.ws/francoortopedia/protese_modularparadesarticulacaodojoelho.html)

❖ Prótese exoesquelética ou convencional

- Possui função motora e estética, portanto, a estrutura da prótese é muito rígida. Pode ser fabricada em plástico, madeira, fibra de carbono, entre outros materiais e pode ter o seu revestimento feito em resina.



Figura 9: Prótese exoesquelética. (Fonte: <https://casaortopedicahortolandia.blogspot.com/>)

❖ Prótese ativa

- Tanto as próteses exoesqueléticas quanto as próteses endoesqueléticas podem ser classificadas como próteses ativas, e são classificadas em dois tipos, de acordo com a forma que obtêm energia:
 - Endoenergética ou mecânica ou de propulsão muscular

- A energia é adquirida através do movimento muscular do usuário da prótese.



Figura 10: Prótese transradial mecânica. (Fonte: <http://www.prostheticrehabclinic.co.za/understanding-prosthetics/arm-prostheses/>)

- Exoenergética ou de propulsão artificial
 - A energia é adquirida através de fontes de energia externas ao corpo e podem ser elétrica, mioelétrica (Figura 11) e pneumática (Figura 12).



Figura 11: Prótese transradial mioelétrica. (Fonte: <http://www.prostheticrehabclinic.co.za/understanding-prosthetics/arm-prostheses/>)

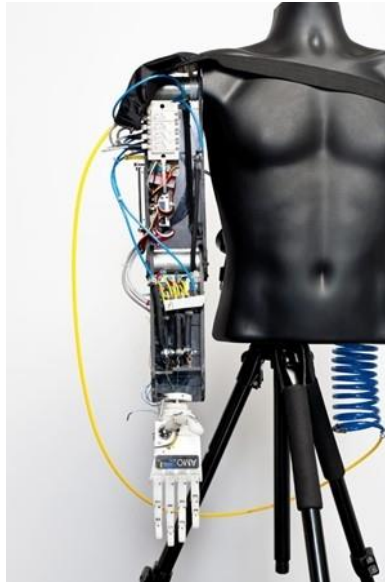


Figura 12: Prótese pneumática de desarticulação do ombro.
(Fonte: <https://newatlas.com/pneumatic-thought-controlled-prosthetic-arm/18289/>)

■ Híbrida

- A prótese híbrida consiste na junção entre a prótese endoenergética e a exoenergética, dessa forma necessita uma fonte de energia externa ao corpo juntamente com a energia motora do usuário.

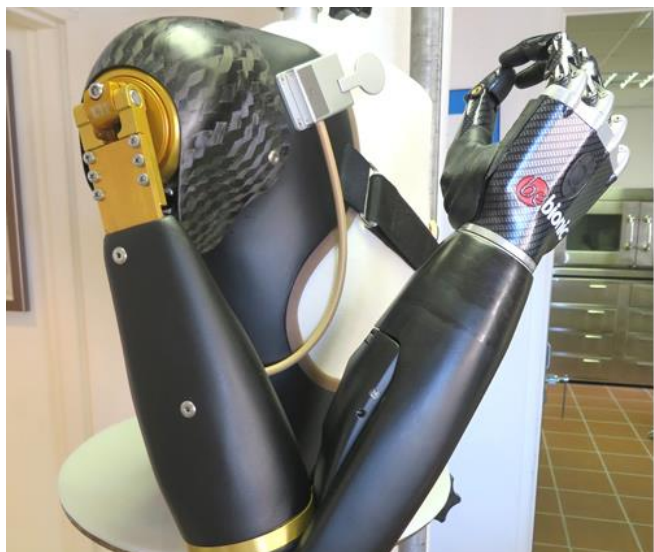


Figura 13: Prótese híbrida: desarticulação do punho e cotovelo mioelétricas e desarticulação do ombro mecânica.
(Fonte: <http://www.prostheticrehabclinic.co.za/understanding-prosthetics/arm-prostheses/>)

3.6 - Processo de fabricação: Prototipagem rápida

De acordo com Volpato (2006), “a Prototipagem Rápida (RP, de *Rapid Prototyping*) pode ser definida como um processo de fabricação através da adição sucessiva de camadas planas de material. [...] A RP permite fabricar peças físicas com informações obtidas diretamente de um modelo geométrico tridimensional (3D) obtido por um sistema CAD (*Computer Aided Design*).”.

O processo inicia-se com o modelo virtual CAD, que é então fatiado em camadas no software da tecnologia e convertido para a linguagem da máquina que irá realizar a prototipagem da peça, através da adição de material por camadas, formando o protótipo.

3.6.1 - Processos baseados em líquido

Nesses processos, “as tecnologias em que a matéria-prima utilizada para fabricar a peça encontra-se no estado líquido, antes de ser processada.” (Volpato, 2006).

As tecnologias que fazem parte desse processo consistem na Estereolitografia e na Impressão a jato de tinta. A Estereolitografia (SL ou SLA - *StereoLitography Apparatus*), utiliza uma resina fotocurável, cujo processo da cura é obtido pela exposição da resina à um laser, geralmente UV (ultravioleta). As partes da resina que não serão solidificadas (para a formação da peça) são protegidas da radiação UV através de uma máscara. Já na Impressão a jato de tinta (IJP - *Ink Jet Printing*) (Figura 15), ocorre o jateamento do material na bandeja, em pequenas quantidades, para então ser curado pela luz UV. O processo de IJP será representado pela tecnologia PolyJet da empresa Objet Geometries LTD.

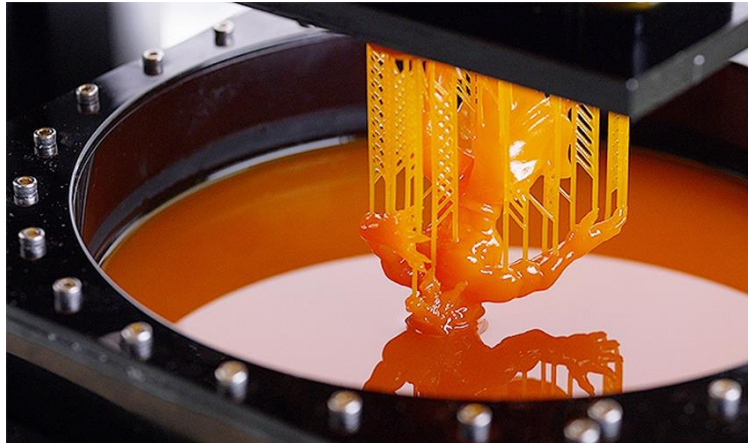


Figura 14: Exemplo de peça impressa por SLA. (Fonte: <https://www.3dnatives.com/en/stereolithography-explained100420174/>)

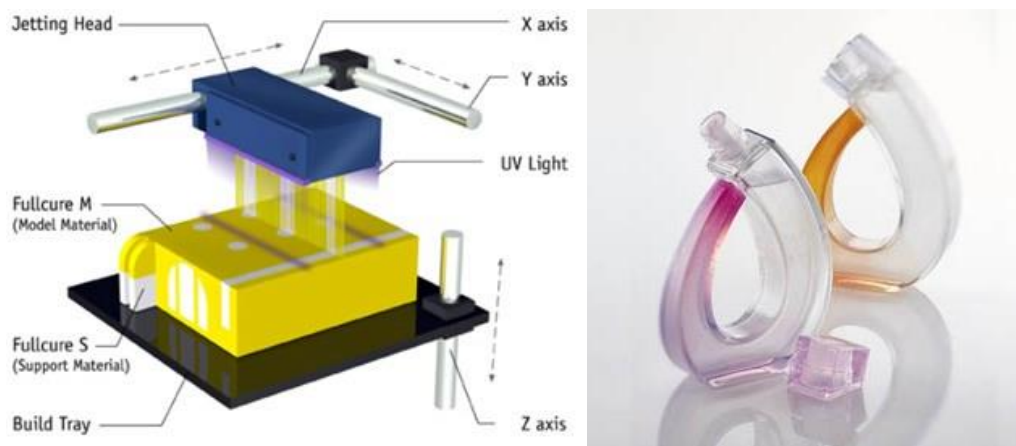


Figura 15: Processo IJP, representado pela tecnologia PolyJet da empresa Object Geometries LTD e um exemplo de peça produzida. (Fonte: <http://www.lwtsistemas.com.br/tecnologia-de-impressao-3d-polyjet-stratasys/>)

3.6.2 - Processos baseados em sólido

Nesses processos, “o material utilizado [...] encontra-se no estado sólido, podendo estar na forma de filamento, lâmina, ou então não ter uma forma específica, pois será fundido (liquefeito) para ser depositado.” (Volpato, 2006).

Algumas tecnologias que fazem parte desse processo consistem na Modelagem por Fusão e Deposição, Manufatura Laminar de Objetos e Tecnologia com lâminas de papel. Na Modelagem por Fusão e Deposição (FDM - *Fused Deposition Modeling*) (Figura 16) o material sólido é aquecido até fundir e então extrudado e depositado na bandeja formando a peça (Figura 17). A Manufatura Laminar de Objetos (LOM - *Laminated Object Manufacturing*) ocorre através da deposição de lâminas do material (adesivado

em um dos lados) recortado por um feixe de laser de dióxido de carbono (CO2). A Tecnologia com lâminas de papel (PLT - *Paper Lamination Technology*) se assemelha à LOM, mas o corte é feito utilizando uma faca.

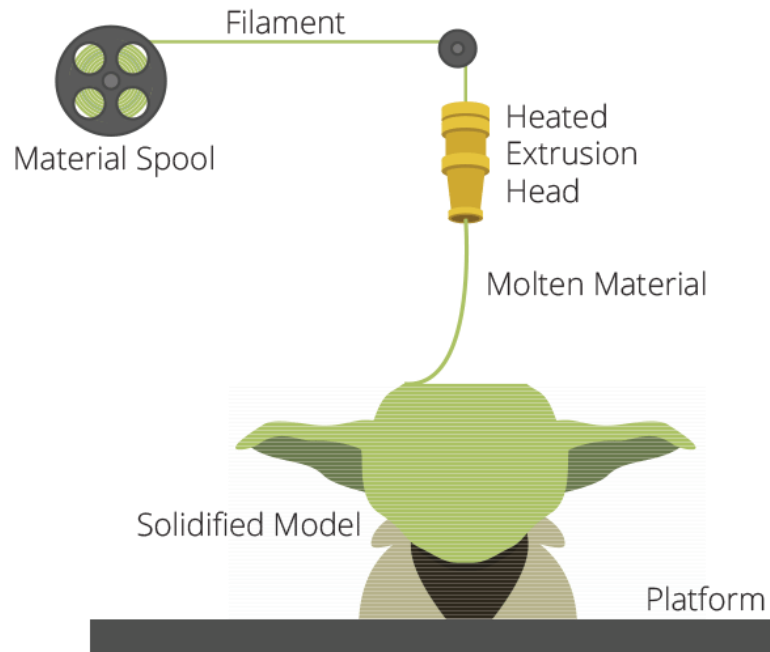


Figura 16: Processo FDM. (Fonte: <http://www.inspiremaker.com/media/catalog/technology/FFF-Extrusion.png>)



Figura 17: Exemplo de peça impressa em PLA, no CADEP. (Fonte: autora)

3.6.3 - Processos baseados em pó

De acordo com Volpato (2006), o material utilizado nesse processo é o pó, e uma das principais diferenças entre os processos citados anteriormente está basicamente relacionada ao uso ou não de laser para processar o material. E “devido ao fato de se trabalhar com pó, uma grande variedade de materiais pode ser processada.”

Algumas tecnologias que fazem parte desse processo consistem na Sinterização Seletiva a Laser e na Impressão Tridimensional. A Sinterização Seletiva a Laser (SLS - *Selective Laser Sintering*) utiliza o laser de dióxido de carbono para o seu processo de sinterização. A Impressão Tridimensional (3DP - *Three Dimensional Printing*) (Figuras 18 e 19) utiliza um material aglutinante “depositado por impressão tipo jato de tinta” (Volpato, 2006).

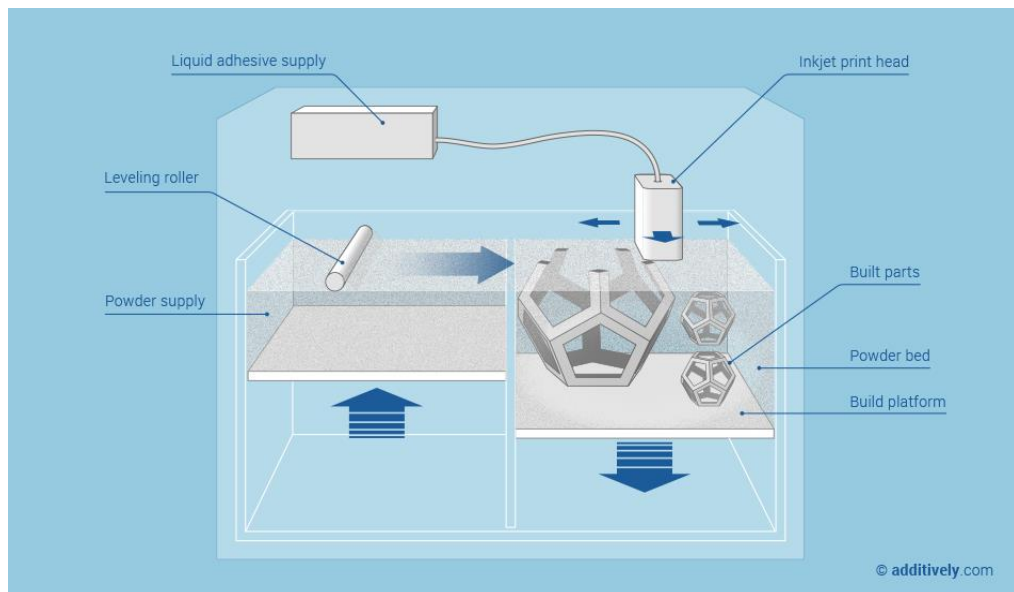


Figura 18: Processo 3DP. (Fonte: <https://www.additively.com/img/content/learn/process/additive-manufacturing-binder-jetting-en.png>)

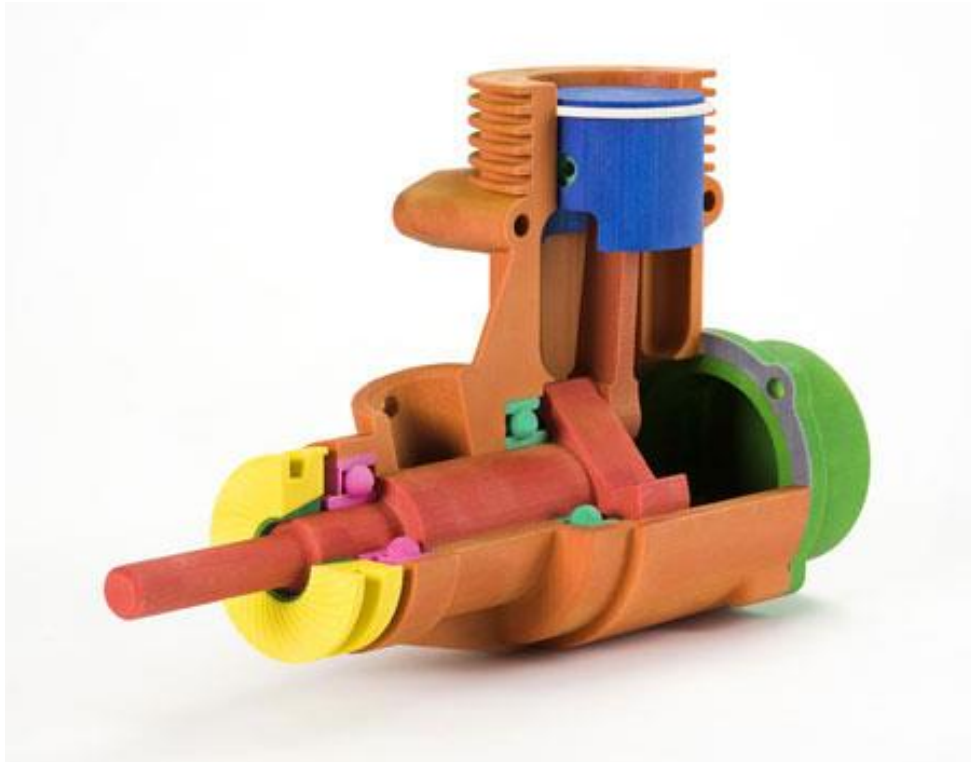


Figura 19: Exemplo de peça produzida por 3DP. (Fonte: <http://blog.toner-cartridge-depot.com/images/zprinter-150-printed-model.jpg>)

3.6.4 - Prototipagem rápida aplicada na área médica

São diversos os usos das tecnologias de RP na área médica, como descreve VOLPATO (2006) na “fabricação de biomodelos (termo amplamente utilizado para descrever os protótipos utilizados para fins de planejamento cirúrgico e outras aplicações médicas), cujo desenvolvimento exige forte integração das ciências biomédicas, informática e a engenharia, agregando as tecnologias recentes das áreas de RP e diagnóstico por imagens.”; na prototipagem de próteses, órteses e implantes personalizados; para treinamento de cirurgias complexas, em que são prototipados modelos anatômicos dos membros que serão utilizados na simulação da cirurgia, contribuindo para melhores resultados e diminuição do tempo de cirurgia; como modelos para fins didáticos; na bioimpressão, tecnologia emergente que visa a impressão de células, tecidos, cartilagens, ossos e órgãos para uso cirúrgico e de pesquisas; e futuramente na produção de bioquímicos.

3.7 - Design aplicado no desenvolvimento da prótese

No desenvolvimento de um produto costuma-se levar em consideração principalmente as características relacionadas à funcionalidade do produto. Entretanto, é necessário levar em consideração os aspectos simbólicos e o valor emocional e psicológico do produto para o usuário.

Donald Norman discorre sobre o design emocional e, em sua palestra no TED (2003), define os três níveis de design que um produto necessita possuir para ter sucesso: o visceral, o comportamental e o reflexivo. O primeiro nível relaciona-se ao “instinto” caracterizado pelas experiências sensoriais que o usuário vivencia, para então entrar no segundo nível, em que “o design comportamental é sentir-se no controle, o que inclui usabilidade, compreensão, mas também o sentir e o peso”, e em seguida há o nível reflexivo, o superego, relacionado a como o usuário se sente utilizando o produto e também ao status social.

Segundo (TAYLOR et.al.,1999), “um produto não deve ser apenas satisfatoriamente funcional, mas deve incluir características simbólicas adequadas aos usuários e ambiente escolhidos. As formas como as qualidades e características do produto são transmitidas ao usuário são complexas, e as formas em que essas qualidades são interpretadas por diferentes usuários é influenciada por diversos fatores, tais como a idade, cultura, educação e contexto de uso. O capítulo apresenta conteúdos relacionados a uma pesquisa desenvolvida na Loughborough University, UK sobre as características semânticas de produtos eletrônicos em termos de valor agregado e qualidade percebida, em que a pesquisa confirmou a importância de respostas emotivas e psicossociais ao design, e ressaltou a necessidade de uma base na qual as equipes de design possam rapidamente adquirir uma melhor compreensão dessas questões. Entretanto, isso não é fácil, pois envolve dificuldades que surgem tanto de forma natural inerentemente complexa do design (o design é feito por pessoas para pessoas) quanto da ampla diversidade de fatores que podem influenciar a relação entre pessoa e produto.

A prótese tem como objetivo substituir um membro do seu usuário, portanto, ela deve cumprir a função motora desse membro, mas ela deve ser projetada, de forma que o usuário se sinta confortável tanto física quanto psicologicamente ao utilizá-la, pois ela é um dispositivo que fará parte do seu corpo. Por conta disso, é imprescindível que o dispositivo seja projetado de forma personalizada, pois tanto as dimensões devem ser adequadas ao usuário, quanto os aspectos estéticos devem satisfazê-lo.

A personalização da prótese vem cada vez mais ganhando espaço e diferentes implementações através da impressão 3D. Devido a esse processo de fabricação envolver necessariamente um arquivo virtual 3D e permitir maior variação e customização da geometria do produto a ser impresso. Esse processo, torna a relação do usuário com o seu produto mais presente desde a etapa de projeto, não apenas durante o brainstorming e utilização do produto final. Além disso, agiliza o processo de produção, tornando-o mais otimizado e rápido, se comparado ao modo tradicional de produção de próteses.

Infelizmente, muitas próteses acabam sendo rejeitadas por motivos como a não adaptação do usuário. Essa não adaptação ocorre por diversos fatores, podendo ser tanto relacionados à funcionalidade, principalmente, quanto à estética. Tais rejeições comprovam a necessidade da prótese ser desenvolvida de modo personalizado. Alguns exemplos reais desses casos consistem na Robohand (Figura 20), quando Richard Van As sofreu um acidente de trabalho de carpintaria e perdeu os quatro dedos da sua mão dominante. Após uma ampla busca sobre próteses existentes, ele optou por desenvolver uma prótese específica para ele, pois em sua busca não encontrou nenhum modelo que aparentava suprir suas necessidades efetivamente e os preços eram exorbitantes. Outro caso consiste na prótese desenvolvida no estudo de caso do presente projeto.



Figura 20: Richard com a Robohand e a MakerBot Replicator 2 Desktop 3D Printer. (Fonte: <https://globenewswire.com/news-release/2013/05/08/545632/10031955/en/MakerBot-and-Robohand.html>)

4.0 – Desenvolvimento

4.1 - Avaliação da percepção dos usuários analisando os aspectos relacionados à autoimagem e autoestima e funcionalidade

Ao avaliar o design da prótese, é imprescindível o estudo da forma com que o design da prótese e o seu uso influenciam em sua funcionalidade, juntamente com a influência do ponto de vista do usuário relacionado aos aspectos psicológicos de percepção de autoestima e autoimagem.

Portanto, o presente estudo, parte integrante de uma pesquisa de iniciação científica desenvolvida no Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI), UNESP - Bauru, em parceria com o Centro Especializado em Reabilitação SORRI - Bauru, tem como objetivo analisar os aspectos psicológicos (de autoimagem e autoestima), estéticos, simbólicos e práticos (usabilidade), em usuários de próteses ortopédicas, através da aplicação de questionários validados internacionalmente, como a Escala de Imagem Corporal (BIS), a Escala de Autoestima de Rosenberg (EAR), o WHOQOL e o Protocolo BQuest (2.0). Todos os procedimentos foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética da UNESP - FAAC, no processo 2.450.106 de 20 de Dezembro de 2017.

Os questionários foram aplicados nos pacientes protetizados da SORRI, com idade superior à 18 anos, cuja amostragem foi de onze sujeitos. Inicialmente, foram explicados os objetivos e procedimentos do estudo aos participantes da coleta, para então eles assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A qualquer momento eles poderiam parar de participar da pesquisa, caso o quisessem.

No presente estudo, cabe citar os resultados obtidos com os questionários de Escala de Imagem Corporal (BIS) e o BQuest (2.0). O primeiro questionário a ser preenchido foi o protocolo de identificação, pelo qual foram coletadas informações gerais sobre o usuário, como idade e gênero, e informações relativas à amputação e ao uso da prótese, como motivo da amputação, tipo de amputação e frequência do uso da prótese.

A amostra foi composta por dois participantes do gênero feminino e nove do masculino, com idade média de $58,4 \pm 13$ anos. O tipo de amputação mais frequente na amostra foi a transtibial e a maioria dos sujeitos declararam que a frequência do uso semanal das próteses é durante todos os dias.

A Escala de Imagem Corporal (BIS) (Hopwood et. al., 2001) (Tabela 3), foi empregada na avaliação da percepção dos pacientes, e é composta por 10 questões, com pontuação entre 0 e 3, sendo 0 (Nada), 1 (Um pouco), 2 (Moderadamente) e 3 (Muito); e o escore de cada sujeito varia entre 0 e 30 (Figuras 21).

Questão	Pergunta
1	Tem se sentido constrangido(a) ou inibido(a) com a sua aparência?
2	Sentiu se menos atraente fisicamente devido à doença e ao tratamento?
3	Tem se sentido insatisfeito(a) com a sua aparência quando está vestido(a)?
4	Tem se sentido menos masculino/feminina por causa da doença ou do tratamento?
5	Teve dificuldade em olhar para o seu corpo, nu(a)?
6	Tem se sentido menos atraente sexualmente como resultado da sua doença ou tratamento?
7	Evitou encontrar-se com pessoas devido à forma como se sentia em relação à sua aparência?
8	Tem sentido que o tratamento deixou o seu corpo “menos completo”?
9	Sentiu se insatisfeito(a) com o seu corpo?
10	Tem se sentido insatisfeito(a) com a aparência da sua cicatriz? (se aplicável)

Tabela 3: Questionário da Escala de Imagem Corporal (BIS).

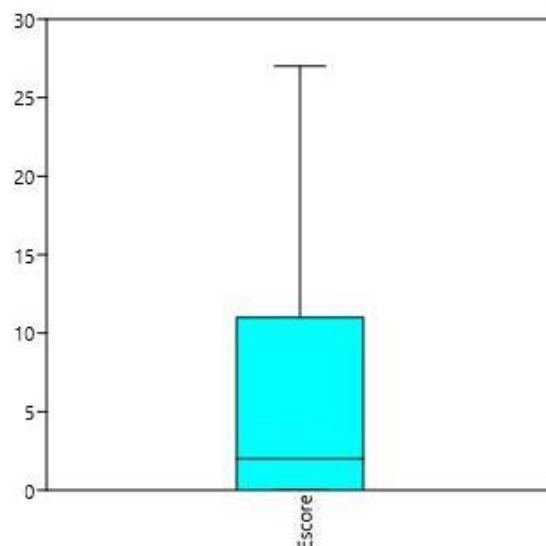


Figura 21: Resultados da Escala de Imagem Corporal (BIS) para o grupo de sujeitos apresentado em forma de box plot: mediana, intervalo interquartil (25-75), mínimo e máximo.

Através da análise dos resultados do BIS, a amputação e o uso da prótese comprometem de alguma forma a autoimagem do usuário. No presente estudo, a mediana para os onze sujeitos foi 2, sendo que 4 escores ficaram abaixo da mediana, dois foram o mesmo valor da mediana e o escore mais alto foi 27, em que quanto mais próximo de zero for o escore, mais positiva é a percepção de autoimagem do sujeito. Assim como sugerido no estudo realizado em pacientes que tiveram câncer de mama (MOREIRA et. al. 2010), em que os resultados observados também tiveram valores baixos, o que representaria que os sujeitos possuem uma percepção de autoimagem positiva. Apesar de serem situações diferentes, amputação/uso de prótese e câncer de mama, o presente estudo sugere conclusões similares

A versão brasileira do Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (B-Quest 2.0) (Avaliação da Satisfação do Usuário com a Tecnologia Assistiva de Quebec) empregada nesse estudo tem como objetivo avaliar o grau de satisfação do usuário para com o seu dispositivo de tecnologia assistiva e para com os serviços prestados por quem forneceu o dispositivo. O B-Quest (2.0) (Tabela 4) é formado por doze itens separados em duas seções, a primeira com oito itens referentes ao dispositivo, e o segundo com quatro itens relacionados aos serviços. Ao final do questionário existe uma lista com doze itens, dos quais o sujeito deve listar três que considere mais importante. Os itens são pontuados utilizando uma escala de 1 a 5: 1 (Insatisfeito), 2 (Pouco satisfeito), 3 (Mais ou menos satisfeito), 4 (Bastante satisfeito) e 5 (Totalmente satisfeito). As respostas não válidas são desconsideradas dos escores. O B-Quest (2.0), possui três escores finais, relacionados ao: Recurso, Serviço e Total (soma e divisão de todas as questões respondidas).

Item	Pergunta - Qual é o seu grau de satisfação com:
1	as dimensões (tamanho, altura, comprimento, largura) do seu recurso de tecnologia assistiva?
2	o peso do seu recurso de tecnologia assistiva?
3	a facilidade de ajustar (fixar, afivelar) as partes do seu recurso de tecnologia assistiva?
4	a estabilidade e a segurança do seu recurso de tecnologia assistiva?
5	a durabilidade (força e resistência ao desgaste) do seu recurso de tecnologia assistiva?
6	A facilidade de uso do seu recurso de tecnologia assistiva?
7	o conforto do seu recurso de tecnologia assistiva?
8	a eficácia do seu recurso de tecnologia assistiva (quanto seu recurso atende às suas necessidades)?
9	o processo de entrega (procedimentos, tempo de espera) pelo qual você obteve o seu recurso de tecnologia assistiva?
10	os reparos e a assistência técnica (manutenção) prestados para o seu recurso de tecnologia assistiva?
11	a qualidade dos serviços profissionais (informações, atenção) que você recebeu pelo uso do seu recurso de tecnologia assistiva?
12	os serviços de acompanhamento (serviços de suporte contínuos) recebidos para o seu recurso de tecnologia assistiva?

Tabela 4: Protocolo de Avaliação da Satisfação do Usuário com a Tecnologia Assistiva de Quebec [B-Quest(2.0)], questionário com os doze itens, em que cada seção foi separada por uma cor, representando Recursos e Serviço, respectivamente. (Fonte: autora)

Conforme demonstra a Figura 22, a aplicação do questionário sugere que em geral, o grau de satisfação dos usuários é elevado, pois obteve o valor 4,26. Em relação aos itens listados, foram: conforto (6 sujeitos) e dimensões/facilidade de uso (4 sujeitos cada item). A Figura 23 demonstra todos os itens votados.

Média B-Quest (2.0)

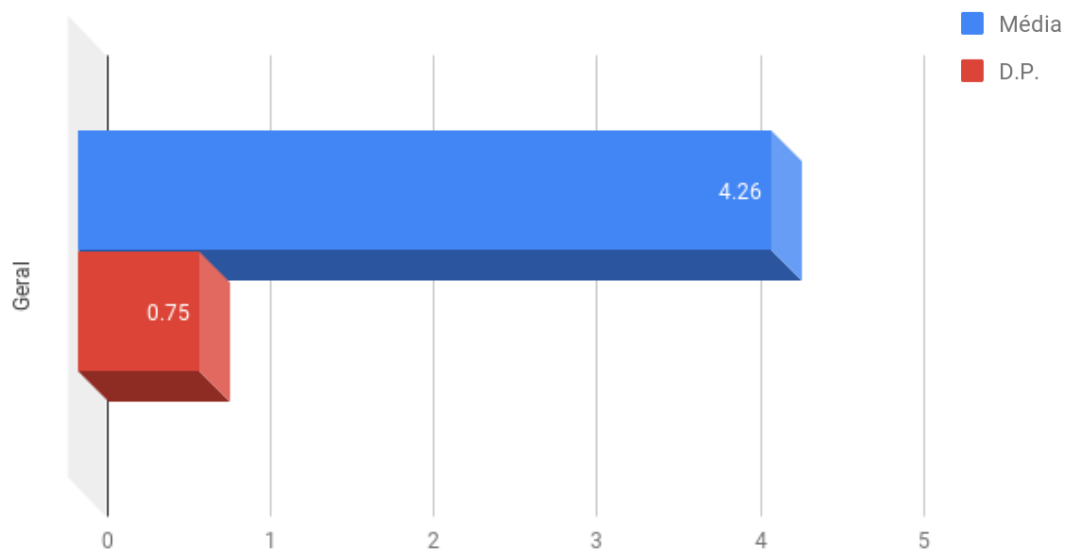


Figura 22: Resultados dos escores do B-Quest para o grupo de sujeitos: apresentando a média e DP Geral. (Fonte: autora)

Itens listados

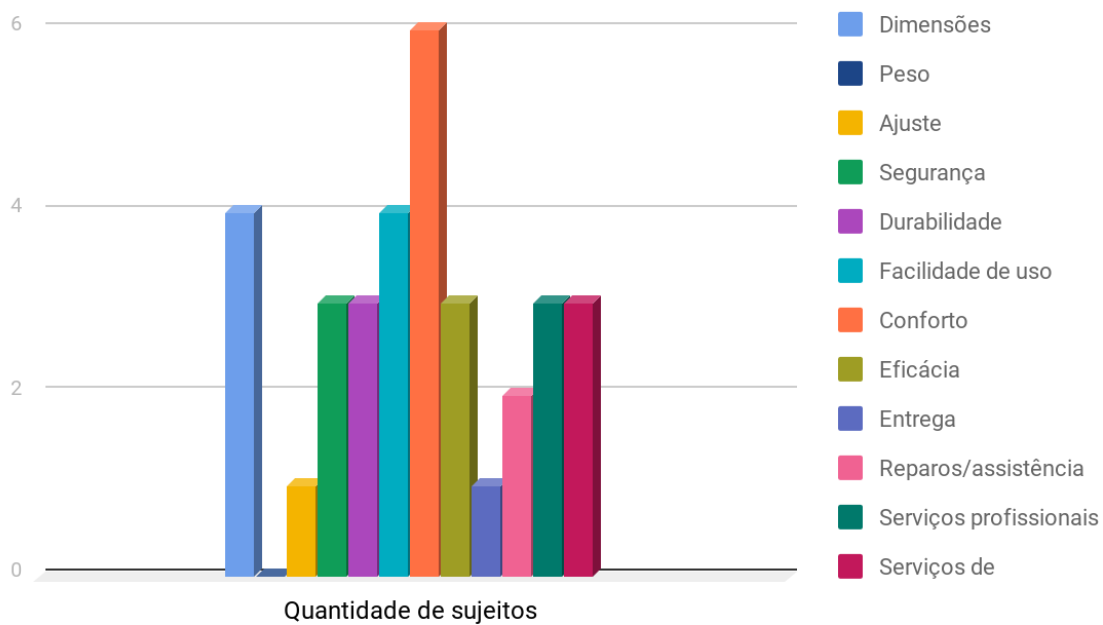


Figura 23: Resultados da lista de doze itens do B-Quest em que cada sujeito listou três deles. (Fonte: autora)

4.2 - Estudo de caso

4.2.1 – Identificação

Dentre os pacientes do Centro Especializado em Reabilitação SORRI - Bauru que necessitam de uma prótese, foi selecionado o A. C. S. G., um adolescente de 15 anos que em outubro de 2015 sofreu um acidente ferroviário que resultou na amputação da perna e braço esquerdos (Figura 26).



Figura 24: Usuário com destaque para o coto e tipo de amputação. (Fonte: autora)

Ele utiliza a prótese de membro inferior fornecida pelo SUS (Sistema Único de Saúde) e desenvolvida na SORRI, entretanto ele não se adaptou a prótese transradial (Figura 27), resultando no abandono da mesma. Algumas das dificuldades encontradas no uso da prótese transradial estão relacionadas à dimensão, peso e dificuldade de uso. Devido à não adaptação do usuário à prótese, se viu necessário o desenvolvimento de um novo modelo mais adequado às suas necessidades e que permitisse a customização do usuário. Algumas imagens do usuário utilizando a prótese estão representadas nas Figura 28.

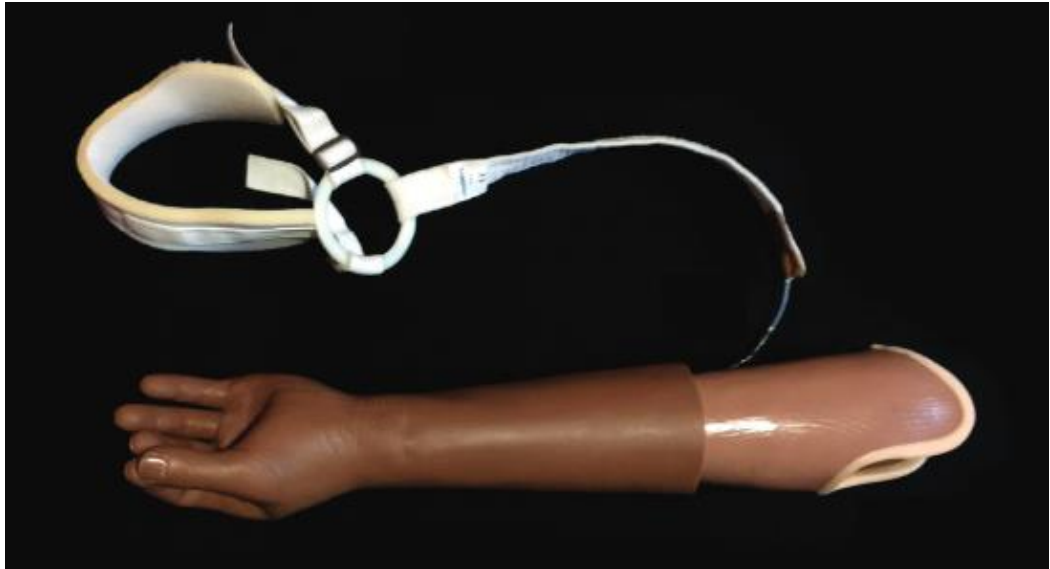


Figura 25: Prótese transradial desenvolvida pela SORRI (Fonte: Extraído de Silva, 2017)



Figura 26: Usuário utilizando a prótese transradial desenvolvida pela SORRI. (Fonte: autora)

A nova prótese continuaria sendo uma prótese mecânica (em que o movimento do coto e cotovelo seriam responsáveis pelo movimento da prótese), fabricada através da impressão 3D com tecnologia FDM e tendo como objetivos ser funcional e respeitando a estética escolhida pelo usuário (customizada). Dessa forma, optou-se pelo uso da prótese transradial open source UnLimbited Arm v2.1 - Alfie Edition (Figura 29), presente no website Thingiverse, que com o auxílio do aplicativo Customizer, é possível colocar as medidas do usuário e adaptar as dimensões da prótese a ser impressa.



Figura 27: The UnLimbited Arm v2.1 - Alfie Edition.(Fonte: https://cdn.thingiverse.com/renderers/d3/52/2d/3d/3e/f27ec0e2680c7294e34a30dde4f8a80e_preview_featured.jpg)

4.2.2 - Digitalização óptica tridimensional do molde do coto

Devido ao paciente já ter adquirido uma prótese confeccionada na SORRI - Bauru, o molde do seu coto superior já havia sido moldado (Figura 30). Então, foi realizado o escaneamento tridimensional (Figura 31) do molde físico em gesso utilizando o scanner óptico 3D GOM ATOS I 2M e o software ATOS Professional V 7.5 SR1, no Centro Avançado de Desenvolvimento de Produtos (CADEP), a fim de transformá-lo em um arquivo 3D virtual, com o intuito de verificar as dimensões, testar o encaixe durante o desenvolvimento virtual da prótese e moldar a prótese impressa de forma que se adapte corretamente ao corpo do usuário.



Figura 28: Processo de moldagem do coto. (Fonte: Letícia Alcará da Silva, 2017)

Foram adicionados pontos de referência (adesivos) no molde (Figura 32), permitindo a digitalização tridimensional, gerando a malha triangular a ser convertida em um arquivo CAD e exportado na extensão .STL. Ao final do processo, que demorou 50 minutos, foi obtido um modelo virtual (Figura 33) fiel ao modelo físico.



Figura 29: Digitalização óptica tridimensional. (Fonte: a autora, 2017)

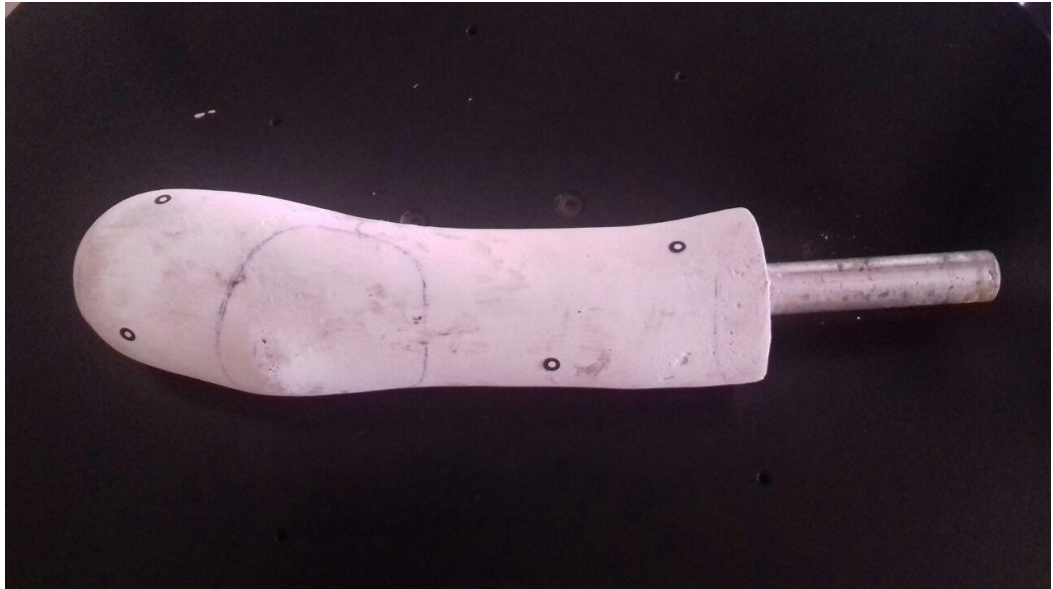


Figura 30: Modelo físico em gesso preparado para a digitalização 3D. (Fonte: Arlete Ventura, 2017)



Figura 31: Modelo virtual. (Fonte: a autora, 2017)

4.2.3 - Entrevista presencial

Foi realizada uma entrevista com o paciente acompanhado da mãe e da terapeuta ocupacional da SORRI.

Inicialmente foi explicado o projeto e a necessidade do uso de alguns questionários e da entrevista no desenvolvimento do projeto, e então o paciente e sua mãe assinaram o Termo de Assentimento para a Criança e Adolescente (TA) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Com o objetivo de avaliar a prótese desenvolvida pelo SUS, definir os

principais aspectos a serem melhorados na prótese em desenvolvimento e comparar as duas próteses, foi aplicado o B-Quest 2.0. Em relação às características de usabilidade e design do dispositivo, foi elaborado o SUS (System Usability Scale), pela autora, formado por 9 itens, cuja resposta varia entre 1 (Discordo Fortemente) e 5 (Concordo Fortemente). Já em relação à influência do uso e do design da prótese na percepção de autoestima e autoimagem do usuário, foi aplicado o DS (Diferencial Semântico), pela autora, formado por 8 itens em que a resposta se dá pelo sistema likert de 7 opções.

Os resultados obtidos através da aplicação dos questionários, no quesito usabilidade, sugerem que haviam problemas relacionados com a dimensão, peso e dificuldade de uso, que possivelmente contribuíram para a dificuldade de adaptação à prótese e abandono do dispositivo.

Através da aplicação do B-QUEST, foi possível analisar o grau de satisfação do usuário em relação aos serviços prestados pela SORRI, cujo escore de serviços varia entre 1 e 5, e o resultado do sujeito foi de 4,5. Já em relação ao grau de satisfação com a tecnologia assistiva, o resultado foi de 3,5. Em relação ao SUS e ao DS, os resultados comprovam a necessidade de um redesign da prótese, para que ela seja mais intuitiva e confortável, suas dimensões e materiais sejam menores e mais leves, e para trazer mais satisfação ao usuário e permitir uma melhor adaptação ao dispositivo.

A entrevista foi de suma importância no desenvolvimento do projeto, pois através dela foi possível conhecer o paciente, fazer as devidas anotações de suas dimensões e definir o *briefing* (requisitos de projeto), e obter as características escolhidas pelo usuário em relação à estética da prótese, dessa forma focando no desenvolvimento da prótese em conjunto com o usuário. Alguns exemplos (Figuras 36, 37 e 38) do modelo open source foram apresentados ao paciente e algumas características da prótese foram definidas: as cores seriam inspiradas no Capitão América da Marvel, sendo que a mão seria vermelha e deveria conter o logo da Nike (inicialmente ele havia pedido que o logo fosse preto, mas por conta da tecnologia de FDM que seria utilizada permitir o uso de apenas uma cor de filamento, ele optou por manter vermelho), e na braçadeira estaria contido o primeiro nome do usuário. Ao fim da entrevista, foi combinado com o paciente e com sua mãe que, assim que o modelo virtual estivesse finalizado, ele seria contactado para aprovar ou pedir alterações na personalização da prótese, de forma que ela só seria prototipada após a aprovação do usuário.

Após a finalização, as alterações foram aprovadas e ele pediu que fosse incluído o símbolo do time do Barcelona centralizado no braço e gostaria que fosse branco, mas que o antebraço continuasse azul.

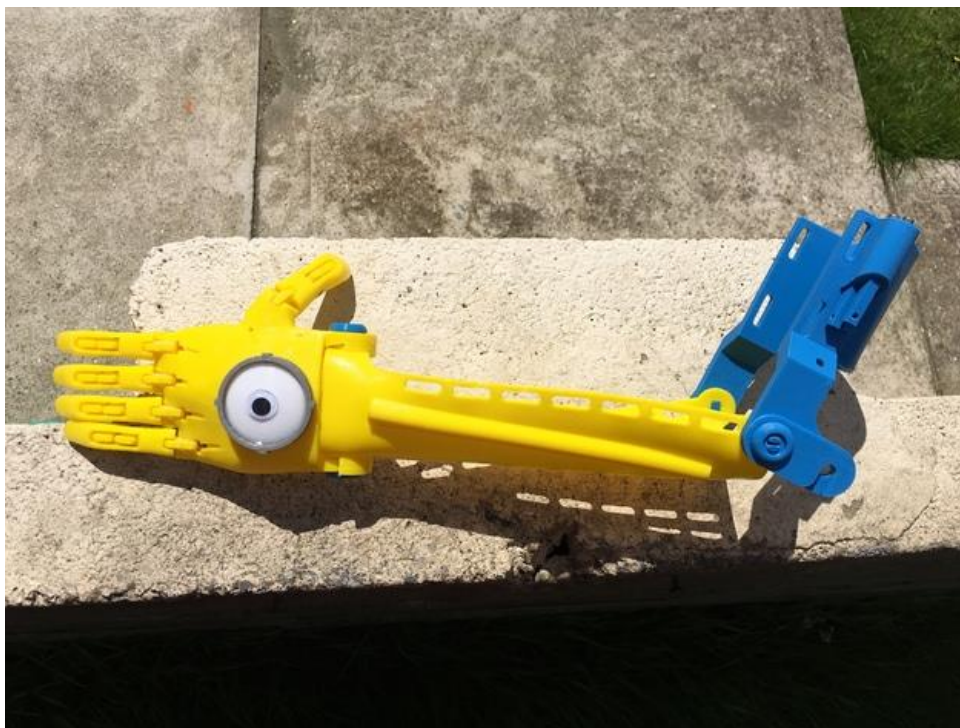


Figura 32: Exemplo de prótese transradial open source personalizadas. (Fonte: https://cdn.thingiverse.com/renders/d3/b5/24/6c/1a/158a543398f287fd3e15e925f2fb2f1f_p_review_featured.jpg)



Figura 33: Exemplo de prótese transradial open source personalizadas. (Fonte: https://cdn.thingiverse.com/renders/d7/d6/54/d0/21/7dda247a5032bdd14fbe75f1b721c3f_preview_featured.jpg)



Figura 34: Exemplos de prótese transradial open source personalizadas. (Fonte: https://cdn.thingiverse.com/renders/97/2e/ec/7b/51/aece4a08738fe9ff8806129b98a5a818_preview_featured.jpg)

4.2.4 - Modelagem tridimensional e customização

Após a entrevista, foi possível dar início à modelagem virtual. A primeira etapa consistiu na criação dos arquivos 3D, utilizando as medidas coletadas no paciente, do modelo UnLimbited Arm v2.1, presente no website Thingiverse. As medidas que devem ser coletadas estão descritas no website (Figura 39) e consistem basicamente na circunferência do bíceps (A), comprimento do antebraço (B) do membro complementar ao membro amputado, que no estudo de caso consiste no antebraço direito do paciente, e no comprimento da mão (C) do membro complementar.

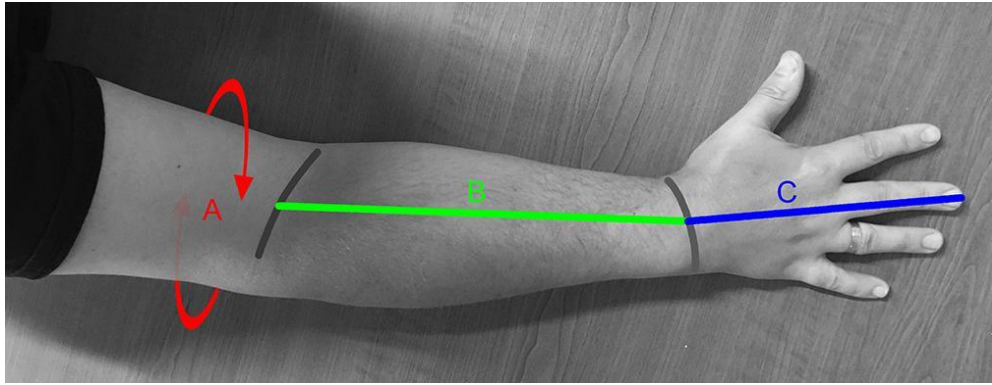


Figura 35: Instrução das medidas a serem coletadas. (Fonte: <https://cdn.thingiverse.com/assets/12/96/17/3b/cc/2016-07-14.jpg>)

Com as medidas devidamente coletadas, elas foram utilizadas no aplicativo Customizer (Figura 40), em que é selecionado primeiramente se a prótese é de membro do lado esquerdo ou direito, para então as medidas serem aplicadas e o arquivo 3D modificado com as medidas do usuário, para então ser disponibilizado o download.

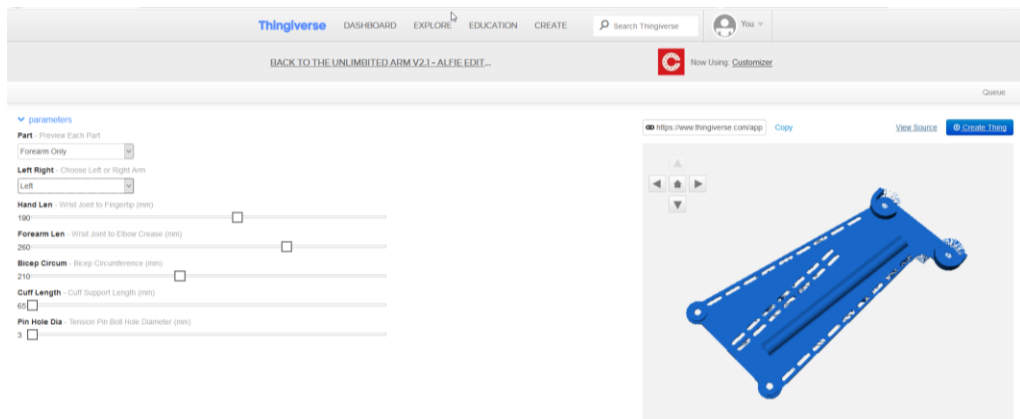


Figura 36: Arquivo do antebraço no Customizer, no Thingiverse.(Fonte: autora)

Após o download dos arquivos da prótese, foi iniciada a segunda etapa, relacionada à customização, propriamente dita. Primeiramente foi incluído o logo da Nike no arquivo da mão (Figura 41), utilizando o software Rhinoceros 5.0 juntamente com algumas alterações na geometria da palma da mão através do software Magics 21.

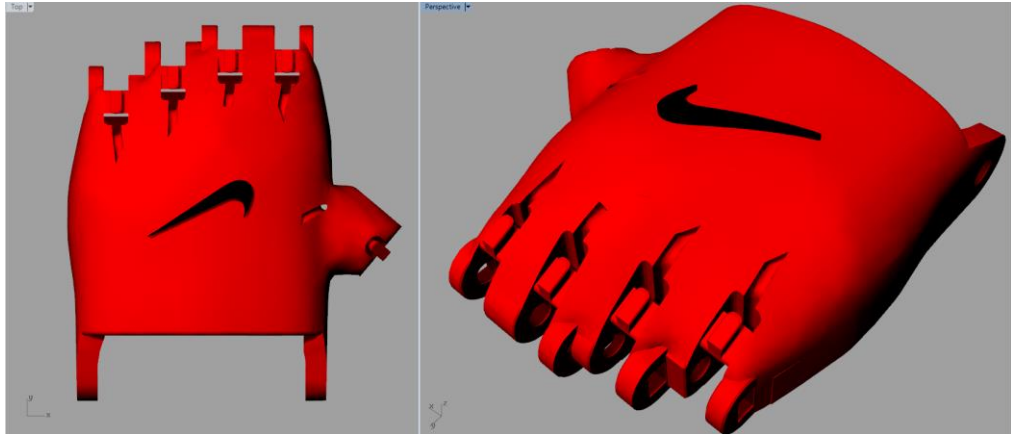


Figura 37: Arquivo virtual da palma da mão com as devidas personalizações. (Fonte: autora)

O restante da modelagem 3D foi realizado utilizando o Rhinoceros e o Magics, ao final do processo, para conferir se o arquivo possuía alguma falha e redimensioná-lo, como ocorreu com o arquivo do antebraço.

No antebraço (Figura 42), foi reduzida a abertura para colocar a fita de velcro, que tem como objetivo fixar a prótese ao antebraço do paciente. A medida entre a dobra interior do cotovelo e o final do coto do paciente é de 10cm, então essa medida foi utilizada para definir a distância máxima na prótese que deveria conter as aberturas para a colocação da tira de velcro. Após a primeira aprovação, o paciente pediu que fosse inserido o logo do Barcelona, e que fosse na cor branca, devido às limitações da impressão. Imagens do processo de modelagem representados pela Figura 43 e imagem do render do logo representado pela Figura 44. Entretanto, não foi descartada a possibilidade de uma outra etapa pós-impressão, com o objetivo de dar o devido acabamento à prótese, incluindo pintura manual de todos os detalhes da personalização, de modo a permitir que o usuário receba a prótese exatamente da forma como ele visualizou durante sua customização.



Figura 38: Arquivo virtual do antebraço customizado em perspectiva. (Fonte: autora)

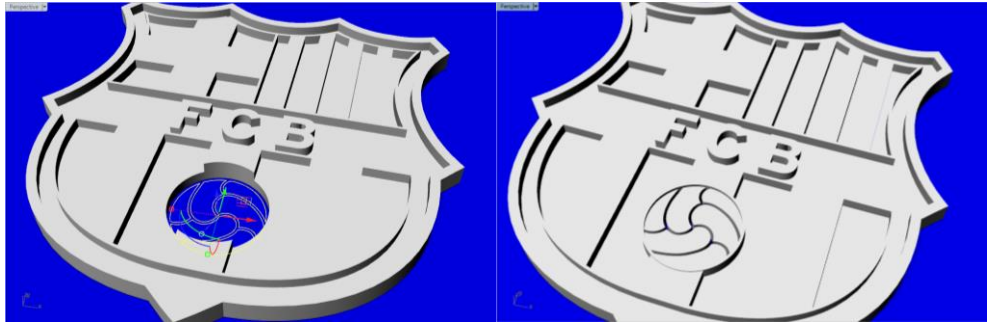


Figura 39: Modelagem do logo do Barcelona. (Fonte: autora)



Figura 40: Render do logo do Barcelona. (Fonte: autora)

Outra peça que sofreu personalização foi a braçadeira (Figura 45), na qual o paciente quis seu nome impresso. A cor branca foi aprovada para a prototipagem da peça, e posteriormente seria feita a pintura do nome em vermelho.

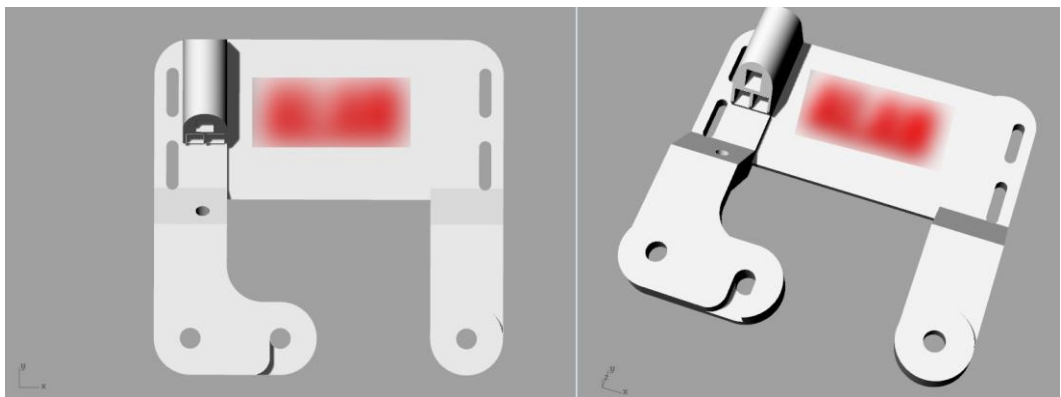


Figura 41: Arquivo virtual da braçadeira customizada com o nome do usuário. (Fonte: autora)

Foi elaborada a montagem virtual da prótese, e as peças do antebraço e braçadeira estão no formato a ser impresso (pois irão adquirir o formato curvado após a termoformagem das peças prototipadas). Algumas imagens

do processo de montagem virtual estão representados nas Figuras 46 e 47. A montagem da prótese virtual está apresentada através das Figuras 48 e 49.

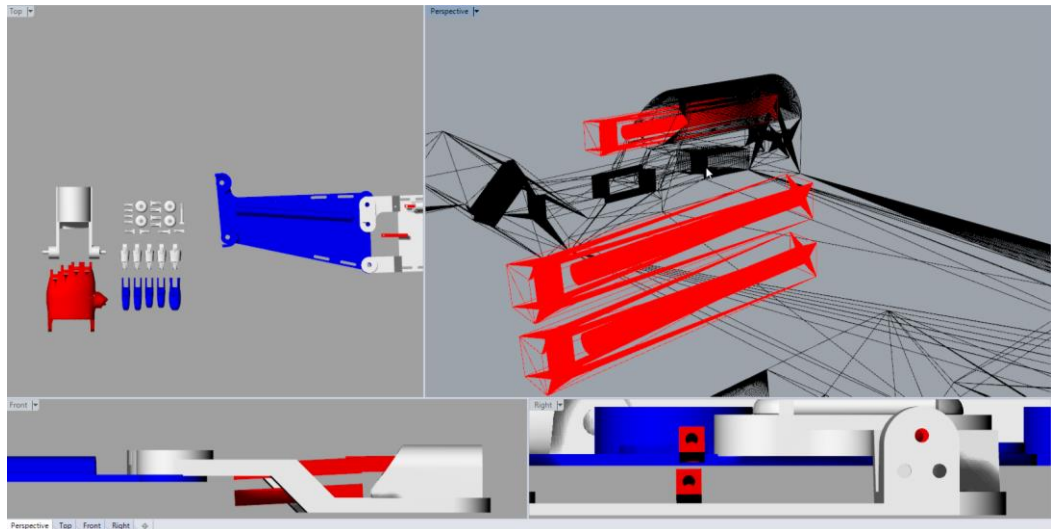


Figura 42: Processo da montagem virtual da prótese, vista superior, em perspectiva, frontal e direita. (Fonte: autora)

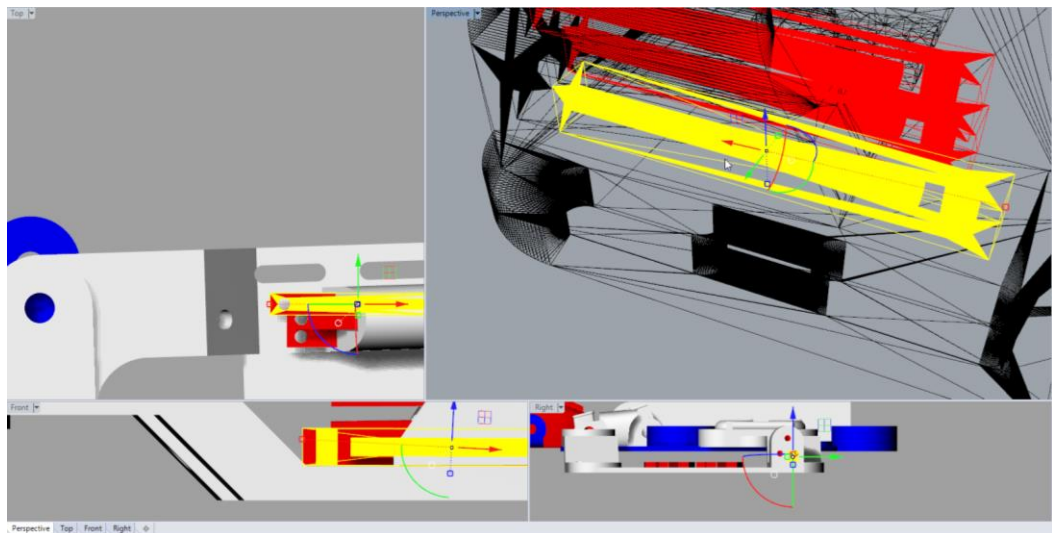


Figura 43: Alinhamento durante o processo da montagem virtual da prótese, vista superior, em perspectiva, frontal e direita. (Fonte: autora)

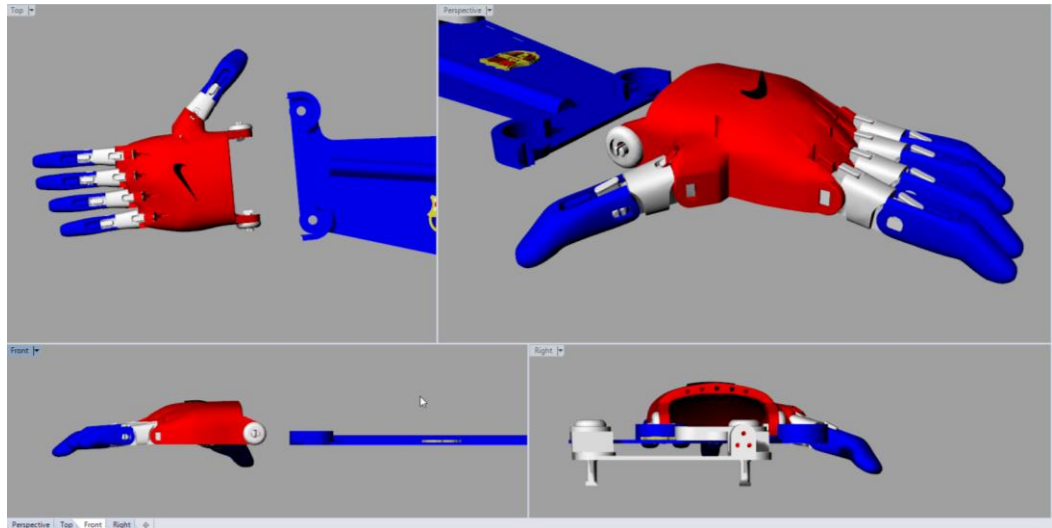


Figura 44: Render da montagem da prótese virtual, com foco na montagem da mão, vista superior e em perspectiva, frontal e direita. (Fonte: autora)

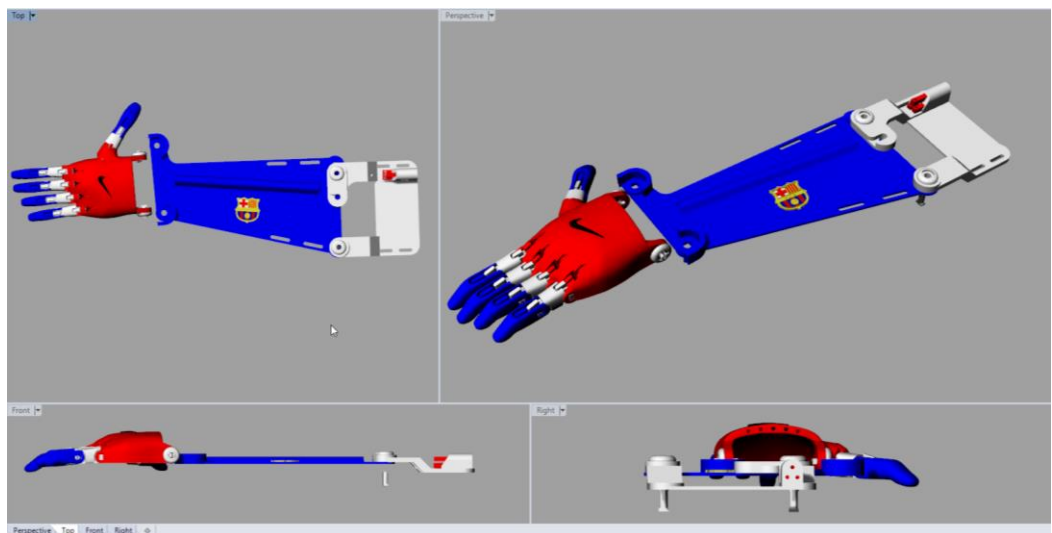


Figura 45: Render da montagem da prótese virtual, vista superior e em perspectiva, frontal e direita. (Fonte: autora)

Finalizada a etapa de modelagem tridimensional com todas as devidas alterações aprovadas pelo paciente, pode-se seguir o projeto para a etapa de prototipagem rápida da prótese (Figura 49) utilizando a impressão 3D por tecnologia FDM.

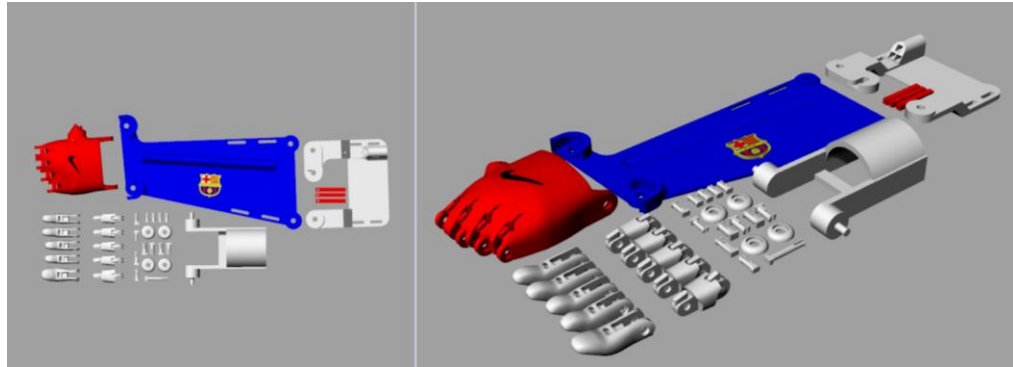


Figura 46: Arquivos da prótese finalizados prontos para a prototipagem, vista superior e em perspectiva, respectivamente. (Fonte: autora)

4.2.5 - Prototipagem rápida

4.2.5.1 Materiais para a impressão 3D

Na tecnologia de FDM, os principais materiais utilizados são os termoplásticos ABS (Acrilonitrila butadieno estireno) e PLA (Poliácido láctico). Ambos estão disponíveis em cartuchos de filamentos, que ao serem utilizados nas impressoras, são aquecidos até sua temperatura de fusão, então extrudados e depositados na bandeja de impressão para formar a peça prototipada. O ABS possui maior resistência mecânica e resiste a temperaturas mais altas, entretanto produz algumas partículas ultrafinas prejudiciais à saúde. Já o PLA é um plástico biodegradável que, ao ser aquecido a uma determinada temperatura, amolece e torna-se moldável por alguns instantes. Tornando-o mais indicado para a prototipagem da prótese transradial em desenvolvimento, por conta da necessidade de algumas peças precisarem ser termoformadas.

Um material que vem sendo utilizado recentemente na produção de dispositivos médicos, calçados, capas externas de celulares, entre outros usos, é o TPU (Poliuretano termoplástico), que possui alta flexibilidade, o que o torna adequado para imprimir algumas partes da prótese que necessitam de maior flexibilidade. Entretanto, essa característica é um fator dificultante para o processo de impressão 3D, pois pode entupir o bico extrusor da impressora.

5.0 – Conclusão

Primeiramente, através da análise dos resultados obtidos com a aplicação dos questionários com os onze pacientes da SORRI, sugere-se que o design da prótese pode interferir na sua usabilidade a ponto de causar o abandono do dispositivo assistivo. Em relação aos aspectos de percepção de autoestima e autoimagem, o design e uso do dispositivo afeta, mesmo que em um baixo grau essa percepção do usuário. Entretanto, os valores variam muito entre extremos, o que pode ser resultante de um desconforto do usuário ao responder esse tipo de questão ou mesmo de uma má interpretação do item. Contudo, comprova a relevância de pesquisas no assunto. Essa relevância também é comprovada através da análise dos questionários aplicados no estudo de caso, em que os resultados sugerem, no quesito usabilidade, que haviam problemas relacionados com a dimensão, peso e dificuldade de uso, que possivelmente contribuíram para a dificuldade de adaptação à prótese e abandono do dispositivo. Dessa forma constata-se a necessidade de um redesign da prótese, para que ela seja mais intuitiva e confortável, suas dimensões e materiais sejam menores e mais leves, e para trazer mais satisfação ao usuário e permitir uma melhor adaptação ao dispositivo.

A aplicação dos questionários no estudo de caso também teve como função ser um levantamento informacional. A reaplicação dos questionários após um longo período de tempo está dentro do planejamento do projeto, considerando a necessidade da adaptação do usuário para com o novo dispositivo, a fim de verificar possíveis benefícios à satisfação do usuário, relacionados tanto à sua qualidade de vida e aspectos psicológicos, quanto à usabilidade do dispositivo. Também será possível realizar a comparação entre os dois diferentes processos de fabricação da prótese (manual e utilizando impressão tridimensional) e avaliar a influência da participação do usuário no desenvolvimento do produto, no resultado final do produto.

O presente projeto possibilitou a mim (e continua possibilitando) adquirir experiências que levarei por toda vida e que estão me ajudando a crescer tanto como designer quanto como pessoa. Ter a chance de desenvolver um produto, levando em consideração o design emocional e o UCD (*user-centered design*), e fazer uma pesquisa tendo contato direto com o usuário/sujeito, é extremamente enriquecedor para todas as partes, pois, ao meu ver, permite que a relação entre designer/pesquisador-usuário-produto esteja mais próxima, tornando os resultados mais satisfatórios e a experiência e o desenvolvimento mais pessoais. Além de ser extremamente gratificante desenvolver algo que você sabe que vai ajudar uma outra pessoa, ter o prazer de ver isso acontecendo e sentir que você foi capaz de melhorar de alguma forma a vida de outra pessoa, é uma sensação indescritível. No caso da pesquisa com os usuários, poder conversar diretamente com a pessoa e ouvi-la contar sobre sua vida

e sobre a prótese, já é uma experiência muito boa e relevante no desenvolvimento desse tipo de projeto. Conversar com o futuro usuário da prótese permitiu a mim conhecê-lo melhor e definir junto com o usuário o que ele realmente espera do seu produto e o que é viável desenvolver.

Portanto, só tenho a agradecer a todas as pessoas que contribuíram e continuam contribuindo com o desenvolvimento desse projeto, que não se encerra aqui. Com a finalização da prototipagem, serão realizados testes com o usuário e, após a adaptação, novos estudos e testes para que o paciente esteja o mais satisfeito possível com a prótese. E como eu irei seguir carreira acadêmica, minha intenção é continuar com as pesquisas e testes, e fazer meu mestrado relacionado às áreas envolvidas no projeto, dando continuidade ao desenvolvimento da prótese e sempre buscando melhorias nos resultados e nos processos.

6.0 - Referências bibliográficas e infográficas

CARVALHO, K.E.C.; GOIS JUNIOR, M.B.; SÁ, K.N. Tradução e validação do Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST 2.0) para o idioma português do Brasil. *Revista Brasileira de Reumatologia*, v.54, n.4, p. 260-267.

TAYLOR, A. J.; ROBERTS, P. H.; HALL, M. J. D. *Understanding Person Product Relationships - A Design Perspective*. In: GREEN, W. S.; JORDAN, P. W. *Human Factors in Product Design: Current Practice and Future Trends*, 1.ed. Londres: Taylor&Francis, 1999. Cap.22, p.218-228.

World Health Organization. Guidelines for Training Personnel in Developing Countries for Prosthetics and Orthotics Service. World Health Organization, 2004. Disponível em: <<http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43127/9241592672.pdf;jsessionid=62538330D18F2E637938FAABE9C73BBC?sequence=1>>. Acesso em:

GIBSON, I. *Advanced manufacturing technology for medical applications: Reverse Engineering, Software Conversion and Rapid Prototyping*. 1. Ed. John Wiley & Sons. 2005.

VOLPATO, N. *Prototipagem Rápida: tecnologias e aplicações*. São Paulo: Editora Blücher, 2007.

VILLAÇA, N. *Em nome do corpo*. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO global disability action plan 2014-2021: Better health for all people with disability. WHO Library Cataloguing. 2015.

MOREIRA, H.; SILVA, S.; MARQUES, A.; CANAVARRO, M. C., The portuguese version of the Body Image Scale (BIS) - psychometric properties in a sample of breast cancer patients. *European Journal of Oncology Nursing*. 14. 2010. p. 11-118. Website: www.elsevier.com/locate/ejon

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

BISPO, R.; BRANCO, V. Designing out stigma - The role of objects in the construction of disabled people's identity. Conferência Dare to Desire: 6th International Design & Emotion Conference, p. 1-5, 2008.

LANUTTI, J. N.L.; MEDOLA, F. O.; GONÇALVES, D. D.; DA SILVA, L. M ; NICHOLL, A. R.J.; Paschoarelli, L. C.. The Significance of Manual Wheelchairs: A Comparative Study on Male and Female Users. *Procedia Manufacturing*, v. 3, p. 6079-6085, 2015.

VAES, K. *Product Stigmaticity: Understanding, Measuring and Managing Product Related Stigma*. 2014. Dissertação (Mestrado). Delft University of Technology - Antwerp University. Lueven. 2014.

SILVA, L. A. *Prosteasy*. Trabalho de Conclusão de Curso (Design). UNESP. Bauru, 2017

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Luiza Maria Borges Oliveira, Secretária de Direitos Humanos da Presidência da República (SDH/PR), Secretária Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência (SNPD), Coordenação-Geral do Sistema de Informações sobre a Pessoa com Deficiência. Cartilha do Censo 2010 – Pessoas com Deficiência. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficiencia-reduzido.pdf>>. Acesso em: 7 de maio de 2018.

Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF): classificação detalhada com definições: todas as categorias com as suas definições, inclusões e exclusões. Genebra: Organização Mundial da Saúde (OMS); Lisboa: Direção-Geral da Saúde. p. 222, 2003. Disponível em: <<http://cdhps.fpasurdos.pt/ficheiros/files/CIFIS.pdf>>. Acesso em: 20 de maio de 2018.

Maria Aparecida Gugel. Pessoas com deficiência e o direito ao concurso público: reserva de cargos e empregos públicos; administração pública direta e indireta. 3.ed. Goiânia: UCG. 2016. 357p. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/pessoascomdeficienciaeodireitoaoconcurso-publico-maria-aparecida-gugel-2016.pdf>> Acesso em: 20 de maio de 2018.

Resultados Preliminares da Amostra | Censo 2010. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/indicadores/censo-2010>>. Acesso em: 7 de maio de 2018.

Educação Inclusiva no Brasil é tema de debate em Conferência da ONU. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/noticias/educacao-inclusiva-no-brasil-e-tema-de-debate-em-conferencia-da-onu>>. Acesso em: 7 de maio de 2018.

Standards for prosthetics and orthotics. Part 1: Standards. World Health Organization. 2017. 84p. Disponível em: <http://www.who.int/phi/implementation/assistive_technology/prosthetics_orthotics/en/>. Acesso em: 14 de maio de 2018.

MONTIEL, A.; VARGAS, M. A. O.; LEAL, S. M. Caracterização de pessoas submetidas à amputação. Revista enfermagem em novas dimensões. 2012. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/256841133>>. Acesso em: 20 de maio de 2018.

Diretrizes de Atenção à Pessoa Amputada, Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_atencao_pessoa_amputada.pdf>. Acesso em: 8 de maio de 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. 2010. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf>. Acesso em: 8 de maio de 2018.

LANUTTI, J. N. L. et al. Usabilidade de objetos de uso cotidiano: Comparativo de técnicas de avaliação subjetiva (SUS E DS). Anais 13º Congresso Internacional de Ergonomia e

Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia. Juiz de Fora. MG. Brasil. 2013.
Convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência - Lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência. Ministério dos Direitos Humanos Secretaria Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Brasília. 2017. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/Convencao%202017.pdf>>. Acesso em: 12 de maio de 2018.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. 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 / Ministério da Saúde, Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2013. 224 p. : il. Disponível em: <<http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2015/fevereiro/12/ortese-protese-impresao.pdf>>. Acesso em: 20 de maio de 2018.

1º Relatório nacional da República Federativa do Brasil sobre o cumprimento das disposições da Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência. 2008-2010. 59p. Disponível em: <http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/%5Bfield_generico_imagens-filefield-description%5D_30.pdf>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

LEITE, H. 70% das amputações no Brasil ocorrem por causa do diabetes, diz OMS. Correio Brasiliense. 2017. Disponível em: <https://www.correiobrasiliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2017/08/31/interna_ciencia_saude,622402/70-das-amputacoes-no-brasil-ocorrem-por-causa-do-diabetes-diz-oms.shtml>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

AMIRALIAN, M. LT.; PINTO, E. B. GHIRARDI, M. IG.; LICHTIG, I.; MASINI, E. FS.; PASQUALIN, L. Conceituando deficiência. Revista de Saúde Pública. V.34. n.1. P. 97-103. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v34n1/1388.pdf>>. Acesso em: 17 de maio de 2018.

BRASIL. Tecnologia Assistiva. Brasília: CORDE, p. 140, 2009. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/livro-tecnologia-assistiva.pdf>>

BRASIL. CORDE. Comitê de Ajudas Técnicas. Ata 7. p. 7, 2007. Disponível em: <http://www.infoesp.net/CAT_Reuniao_VII.pdf>. Acesso em: 22 de maio de 2018.

FRYKBERG e. al.. Diabetic Foot Disorders: A Clinical Practice Guideline. The Journal of Foot and Ankle Surgery. p. 68, 2006. Disponível em: <https://www.acfas.org/uploadedFiles/Healthcare_Community/Education_and_Publications/Clinical_Practice_Guidelines/DiabeticCPG-small.pdf>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

RODRIGUEZ, A. N. C. O tratamento fisioterapêutico do paciente com amputação transtibial traumática. Monografia de Conclusão de Curso (Fisioterapia). UVA. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <https://www.uva.br/sites/all/themes/uva/files/pdf/tratamento_fisioterapeutico_paciente_ampatacao.pdf>. Acesso em: 01 de junho de 2018.

Os três níveis de design de Don Norman. Disponível em: <<https://uxdesign.blog.br/os-tr%C3%AAs-n%C3%ADveis-de-design-de-don-norman-38c565e2aa64>>. Acesso em: 17 de abril de 2018.

Donald Norman TED 2003 Three ways good design makes you happy. Disponível em: <https://www.ted.com/talks/don_norman_on_design_and_emotion?language=pt-br#t-622726>. Acesso em: 17 de abril de 2018.

Robohand. Disponível em:<<https://www.indiegogo.com/projects/robohand#/>>. Acesso em: 23 de agosto de 2017.

Thingiverse. Customizer - The UnLimbited Arm v2.1 - Alfie Edition. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/apps/customizer/run?thing_id=1672381>. Acesso em: 30 de maio de 2018.

Tecnologia Assistiva. Assistiva Tecnologia e Educação. Disponível em: <<http://www.assistiva.com.br/tassistiva.html#oq>>. Acesso em: 05 de junho de 2018.