

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE DESENHO INDUSTRIAL
CURSO DE BACHARELADO EM DESIGN

ARIADNE QUINTINO

EVELIN PETRY

**DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA PARA OBTENÇÃO DE MOLDE DE
CARENAGEM DE PRÓTESE DO MEMBRO INFERIOR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2014

ARIADNE QUINTINO
EVELIN PETRY

**DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA PARA OBTENÇÃO DE MOLDE DE
CARENAGEM DE PRÓTESE DO MEMBRO INFERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Bacharelado em Design, do Departamento Acadêmico de Desenho Industrial (DADIN), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Design.

Orientador: Prof. Msc. Carlos Alberto Vargas

CURITIBA
2014

TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO Nº 071

“DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA PARA OBTENÇÃO DE MOLDE DE CARENAGEM DE PRÓTESE DO MEMBRO INFERIOR”

por

**ARIADNE HELEN QUINTINO
EVELIN PETRY**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 07 de março de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM DESIGN do Curso de Bacharelado em Design, do Departamento Acadêmico de Desenho Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. As alunas foram arguidas pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo, que após deliberação, consideraram o trabalho aprovado.

Banca Examinadora: Prof(a). Dr. Everilton José Cit
DADIN - UTFPR

Prof(a). Dr. José Aguiomar Foggiatto
DAMEC - UTFPR

Prof(a). MSC. Carlos Alberto Vargas
Orientador(a)
DADIN – UTFPR

Prof(a). Esp. Adriana da Costa Ferreira
Professor Responsável pela Disciplina de TCC
DADIN – UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

Dedicamos todas as horas, minutos e segundos que destinamos a esse trabalho a todos que compartilharam e fizeram-se presentes em nosso caminho durante este percurso. A concretização de uma etapa, a conclusão de uma ideia, um sonho que foi construído ao longo de vários meses e que converge para a satisfação de contemplar aos nossos familiares e amigos todos os esforços aqui concentrados.

AGRADECIMENTOS

Quase dois anos, desde a escolha do tema, a elaboração da proposta até o fim deste trabalho. Durante este período muitas foram as pessoas que ofereceram palavras, suporte, conhecimento, paciência. Pessoas que efetivamente construíram conosco este projeto. E graças a elas que pudemos concluir mais essa etapa das nossas vidas.

Primeiramente aos nossos familiares - pais, irmãos, tios, avós - que entenderam todos os momentos difíceis e estiveram sempre nos apoiando em todas as madrugadas, manhãs, tardes e noites que tivemos que nos distanciar um pouquinho dos seus convívios, para efetivamente construir esse projeto.

Aos amigos, que ouviram nossas lamentações, reclamações e que presenciaram cada etapa vencida, que conviveram durante todo esse tempo ao nosso lado. Alguns, em especial que contribuíram diretamente para a concretização deste projeto. São eles: Alex Tadeu Moreira dos Santos, Ana Flávia Oliveti, Bárbara Corrêa, Bianca Marina Giordani, Daniel Crestani, Davi Barria Maximiano, Guilherme Suguinoshita, Gustavo Frisoli, Isadora Tonet Assad, Joner de Quadros Pereira, João Lucas Piscinini, Josiane Tochetto, Leonardo Arthur Zuffo, Lummy Masaki, Maurílio Vagetti Hadas, Miguel Okumura e Welliton Oliveira Santos.

A MSc. Maria Lucia Miyake Okumura, um dos primeiros contatos que fizemos ao adentrar no universo das pessoas com deficiências físicas. Profissional de um vasto conhecimento que nos indicou o Fórum dos direitos da pessoa com deficiência da grande Curitiba, que devemos também grande gratidão pelo acolhimento.

Aos profissionais da Associação de Deficientes Físicos do Paraná, que possibilitaram a realização de pesquisas e coleta de dados, que embasam esse trabalho. Isabel Bini, Talita Barbi Herman. De forma análoga agradecemos também a toda equipe técnica e aos esportistas da equipe de Vôlei Masculino da Unilehu, que expuseram suas histórias de vida e contribuíram com a percepção humana daqueles que vivenciam as dificuldades de não possuir, pelo menos, um dos membros inferiores. Esses trouxeram uma experiência única às nossas vidas, que jamais poderá ser esquecida.

Em relação aos conceitos funcionais relacionados a próteses, podemos

citar o técnico responsável pela Associação Paranaense de Reabilitação, Paulo Cesar Costa, assim como todos funcionários que cederam seus conhecimentos a nós. Como também, já em outro segmento, Richard Boyer, responsável comercial da empresa FENAP.

Quanto aos meios acadêmicos, fomos agraciadas com ótimos professores que, apesar de não possuírem nenhum compromisso conosco, se envolveram com nosso projeto e dividiram aquilo que possuem de mais valioso: o saber. Cada um faz parte de um pedacinho daquilo transcrito nesses papéis e a melhor forma que encontramos de tentar retribuir é nos dedicando e procurando multiplicar e disseminar todo esse conhecimento adquirido. MSc Christiane Maria Ogg Nascimento Gonçalves Costa, Dr. Everilton José Cit, MSc Ivone Terezinha de Castro, MSc Manoel Alexandre Schroeder, MSc Marcelo Abilio Publio, Dra. Marilzete Basso do Nascimento, Dr. Oslei de Matos. Neste quesito, outras duas pessoas foram fundamentais para a concretização deste processo, nosso orientador MSc Carlos Alberto Vargas, responsável direto pelos estudos aqui desenvolvidos, e Dr. José Aguiomar Foggatto, este desempenhando quase que o papel de um co-orientador, sempre demonstrando muita consideração para conosco.

Por fim, em face ao desenvolvimento do projeto, não há pessoa que tenha sido mais presente e que mereça mais a demonstração do quão importante foi para a concretização deste projeto do que Diego de Paula Farias. Em relação a elaboração da modelagem, passou a ser como um terceiro integrante da equipe e demonstrou sempre muito interesse e dedicação a um projeto, em que não irá partilhar a autoria.

Nossos sinceros e profundos agradecimentos, a todos esses acima citados e a todas as pessoas que estiveram em nosso caminho durante essa jornada, que possuímos a imensa alegria de poder partilhar e esperando que este trabalho possa auxiliar aqueles que tiverem interesse em ampliar ainda mais seus conhecimentos a respeito do desenvolvimento de tecnologia para concepção de carenagens de próteses do membro inferior.

"Viver é acalentar sonhos e esperanças, fazendo da fé a nossa inspiração maior. É buscar nas pequenas coisas, um grande motivo para ser feliz!"

Mario Quintana

RESUMO

QUINTINO, Ariadne; PETRY, Evelin. **Desenvolvimento de tecnologia para obtenção de molde de carenagem de prótese do membro inferior**. 2014. 131f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Design) – Departamento Acadêmico de Desenho Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Este trabalho de conclusão de curso visa desenvolver um modelo 3D padrão de membro inferior que possa assumir, através de inserção de dados numéricos, formas anatômicas distintas, de acordo com biotipos diferentes. Esse processo tem o intuito de melhorar o modo de concepção de carenagem de prótese oferecida, atualmente, pelo sistema público de saúde. Procedimento que ainda é bastante artesanal. Como base na análise feita na Associação Paranaense de Reabilitação, em Curitiba, as informações necessárias para o desenvolvimento dos estudos estabelecidos neste projeto. Através do processo observado, pode-se perceber que a demora para o paciente adquirir este artefato, somado a estética, são fatores determinantes para que este indivíduo venha a utilizar este produto.

Tratando especificamente da carenagem de prótese, esta é concebida através de uma espuma lapidada de acordo com as formas anatômicas do paciente e posteriormente envolve a prótese. O problema diagnosticado é que muitas vezes o resultado obtido não se equipara aos aspectos visuais do corpo do paciente. O que influencia na desmotivação ao uso desse equipamento. Sendo assim, com o intuito de comprovar a metodologia proposta, que ambiciona a agilidade no método de obtenção de carenagem de prótese, foi utilizado a fotografia, como método para a retirada dos dados dos pacientes. Isso se deu por meio de imagens feitas em duas vistas (frontal e lateral), com a utilização de uma malha quadriculada. Utilizou-se pessoas com anatomias diferenciadas, para comprovar que o modelo gerado padrão é capaz de adquirir formas variadas. Para testar a viabilidade desse método, após a modelagem, foi realizada a usinagem dessa peça por Comando Numérico Computadorizado, a fim de comparar o resultado obtido com o membro real.

Desse modo, em um contexto geral foram necessários estudos específicos sobre antropometria, tecnologia assistiva, anatomia humana, além de pesquisas focadas em compreender o que é uma prótese, como essa é confeccionada, assim como todo o contexto histórico que permeia sua elaboração. Outro campo explorado trata-se do paciente que sofre a amputação e que necessita desse utensílio. Na sequência, investigou-se como se dá o processo de adaptação ao novo artefato e quais os impactos psico-emocionais que esse indivíduo carrega. A partir disso, buscou-se por meio de entrevistas com profissionais que convivem com essa realidade, as experiências vivenciadas, além de, principalmente, conhecer e procurar se inserir no universo do paciente que necessita da prótese para se locomover. Esses relatos, juntamente aos conceitos de Design, ajudaram a aprofundar e embasar os estudos desenvolvidos

Palavras-chave: Design. Modelagem 3D. Usinagem. Prótese. Carenagem.

ABSTRACT

QUINTINO, Ariadne; PETRY, Evelin. **Technology development for obtaining a mold for lower limb prosthetics covering**. 2014. 131 pages. Final Year Research Project (Bachelor in *Design*) -, Federal Technology University - Paraná. Curitiba, 2014.

This work aims to develop a 3D model of lower limb that may assume, by insertion of numerical data, distinct anatomical forms, according to different biotypes. This process aims to improve the way health care system prosthetics are designed, currently still a handmade procedure. The basis of the analysis derives from data collected at the Paraná Association of Rehabilitation in Curitiba, which provided the necessary information for the development of the studies established in this project. Through the observation process, it was noticed that the time it takes for the patient to acquire this artifact, as well as aesthetics, are crucial for an individual to acquire this product.

Dealing specifically with the prosthesis' cover, this is designed using polished foam according to the anatomical features of the patient and thereafter the prosthesis involved. The problem is that result may not be compared to the visual aspects of the patient's body, which influences the motivation to use such equipment. Thus, in order to prove the proposed methodology, which aims agility in the method of obtaining prosthetic covering, photography was used as a method for obtaining patient data. Pictures were taken in two views (front and side), using a checkered grid. We used people with differing anatomies, to prove that the generated model was able to acquire various forms. To test the feasibility of this method, after shaping, machining was performed by Computerized Numerical Control in order to compare the obtained results with the real limb.

Thus, in a general context specific studies about anthropometry, assistive technology, and human anatomy studies were needed, focusing on understanding what a prosthetic is, how it is made, as well as the historical context that permeates its development. Another area explored is the amputation patient who needs this tool. Furthermore, it was investigated how the process of adapting to the new artifact is and what psycho-emotional impacts this individual carries. From this, we sought to understand from interviews with professionals who live with this reality, the experiences and, especially, to know and seek to enter the universe of the patient who needs to get around the prosthesis. These reports, along with the concepts of Design, helped deepen and base the studies developed in this project.

Palavras-chave: Design. 3D Modeling. Machining. Prothese. Covering.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	- AS FASES DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS SEGUNDO A VISÃO DE DIVERSOS AUTORES.....	18
FIGURA 2	- AS FASES DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS SEGUNDO A VISÃO DE LÖBACH.....	20
FIGURA 3	- NÍVEIS DE AMPUTAÇÃO.....	29
FIGURA 4	- IMAGEM TIRADA PELO PRÓPRIO PACIENTE DE SEU COTO...	30
FIGURA 5	- GRÁFICOS SOBRE ESTÉTICA DA PRÓTESE, DE ACORDO COM OS ENTREVISTADOS.....	36
FIGURA 6	- GRÁFICO SOBRE A DEMORA PARA A OBTENÇÃO DE PRÓTESE DESCRITA PELOS ENTREVISTADOS	37
FIGURA 7	- ENCAIXE DA PRÓTESE COM CALÇO.....	40
FIGURA 8	- CALÇO NA ÁREA DO COTO.....	41
FIGURA 9	- MECANISMO DESENVOLVIDO POR AMBROISE PARÉ.....	43
FIGURA 10	- PERNA COM PRIMEIRO JOELHO NÃO FIXO, POR PIETER VERDUYN.....	44
FIGURA 11	- MODELO DE PRÓTESE ANTIGA, DEMONSTRANDO O TIPO DE ENCAIXE QUADRILÁTERO	46
FIGURA 12	- SETA APONTANDO O OSSO ÍSQUIO.....	46
FIGURA 13	- MODELO DE ENCAIXE DE CONTENÇÃO ISQUIÁTICA FLEXÍVEL.....	47
FIGURA 14	- PRÓTESE EXOESQUELÉTICA.....	49
FIGURA 15	- PRÓTESE ENDOESQUELÉTICA.....	50
FIGURA 16	- DEMONSTRAÇÃO DE COMO A ESPUMA É APLICADA A PRÓTESE.....	51
FIGURA 17	- AMPUTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÓTESE TRANSTIBIAL.....	52
FIGURA 18	- AMPUTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÓTESE TRANSFEMORAL..	52
FIGURA 19	- PRÉ-MOLDE RETIRADO DO COTO DO PACIENTE.....	56
FIGURA 20	- MOLDE POSITIVO PARA A CONFECÇÃO DO CARTUCHO.....	56
FIGURA 21	- CARTUCHO FINAL COM ACABAMENTO NO TOM DA PELE.....	57
FIGURA 22	- ESPUMA PARA PROTEÇÃO DOS TUBOS DA PRÓTESE.....	58
FIGURA 23	- PRÓTESE COM A PROTEÇÃO.....	58
FIGURA 24	- REPRESENTAÇÃO DOS MÚSCULOS DA ARTICULAÇÃO DO QUADRIL E MÚSCULOS PÉLVICOS, RESPONSÁVEIS PELOS MOVIMENTOS DO MEMBRO INFERIOR.....	62
FIGURA 25	- OSSOS DO MEMBRO INFERIOR.....	63
FIGURA 26	- MEDIDA ANTROPOMÉTRICA PELO MODO INDIRETO.....	66
FIGURA 27	- EXEMPLO DE CÂMERA SLR.....	68
FIGURA 28	- TIPOS DE OBJETIVAS.....	69
FIGURA 29	- CRONOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO CONTROLE NUMÉRICO.....	74
FIGURA 30	- PAINEL DA EVOLUÇÃO DO POLIURETANO DESDE SUA CRIAÇÃO.....	76
FIGURA 31	- INFOGRÁFICO QUE REPRESENTA O PROCESSO DE CONCEPÇÃO E REALIZAÇÃO DO PROJETO.....	79
FIGURA 32	- PAINEL QUADRICULADO.....	80

FIGURA 33 - MODELO DA PERNA CONTENDO OS 20 SEGMENTOS VERTICAIS.....	83
FIGURA 34 - DETALHE ENTRE DUAS SECÇÕES MOSTRANDO ONDE LOCALIZAM-SE AS <i>SPLINES</i> , EM VERMELHO E AMARELO, AS DUAS POSSUEM O MESMO TAMANHO.....	84
FIGURA 35 - TABELA DE INSERÇÃO DE DADOS VARIADOS.....	84
FIGURA 36 - PERNA DEFORMADA, RESULTADO DO PRIMEIRO TESTE.....	85
FIGURA 37 - ARQUIVO DE INSERÇÃO DE DADOS À PARTE DA MODELAGEM.....	86
FIGURA 38 - <i>SPLINES</i> CRIADAS, DUAS EM CADA VISTA DELIMITAM O LIMITE DA GEOMETRIA, DESTACADAS NA COR AZUL.....	88
FIGURA 39 - DEMONSTRAÇÃO DOS SEGMENTOS CRIADOS: EM PRETO, A ENTRADA DE DADOS, E EM AZUL, AQUELES QUE SÃO RESULTADOS DA PROPORÇÃO PROVENIENTE DOS VALORES PRINCIPAIS.....	89
FIGURA 40 - TESTES REALIZADOS COM O POLIURETANO.....	92
FIGURA 41 - SIMULAÇÃO DO AJUSTE DAS FATIAS NA MATÉRIA-PRIMA.....	93
FIGURA 42 - LIMA ROTATIVA UTILIZADA PARA O DESBASTE E ACABAMENTO.....	93
FIGURA 43 - DETALHE DAS DUAS CAMADAS DE 14MM QUE FORAM REMOVIDAS DE TODA A SUPERFÍCIE DO MATERIAL.....	94
FIGURA 44 - EXECUÇÃO DO ACABAMENTO NA ÚLTIMA PEÇA.....	95
FIGURA 45 - SEGMENTOS COM A COLA DE CONTATO APLICADA.....	96
FIGURA 46 - VISTA FRONTAL E LATERAL DO MODELO EM POLIURETANO COM OS SEIS SEGMENTOS COLADOS.....	96
FIGURA 47 - MODELO EM POLIURETANO COM O ACABAMENTO EM TINTA ACRÍLICA BRANCA.....	97
FIGURA 48 - VISTAS FRONTAL E LATERAL DA PERNA REAL E DO MODELO 3D, EM COMPARAÇÃO.....	99
FIGURA 49 - MODELO USINADO COMPARADO AO MEMBRO INFERIOR (VISTA FRONTAL).....	100
FIGURA 50 - MODELO USINADO COMPARADO AO MEMBRO INFERIOR (VISTA LATERAL).....	100

LISTA DE SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
ADFP	Associação dos Deficientes Físicos do Paraná
AMB	Associação Médica Brasileira
APR	Associação Paranaense de Reabilitação
CAD	Computer-aided Design
CAM	Computer-aided Manufacturing
CNC	Controle Numérico Computadorizado
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NUFER	Núcleo de Prototipagem e Ferramental
PU	Poliuretano
SUS	Sistema Único de Saúde
SW	SolidWorks
TA	Tecnologia Assistiva
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 Objetivo Geral.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 ESTRUTURA.....	17
2 PROJETO	18
2.1 METODOLOGIA DE PROJETO	18
2.1.1 Aplicação do Design	21
2.2 PREPARAÇÃO	24
2.2.1 Público Alvo e Análise de Mercado	24
2.2.2 Entrevistas	26
2.2.3 Análise das Atividades e Revisão da Literatura.....	27
2.2.3.1 Amputação	27
2.2.3.2 Análise das dificuldades e adaptações do indivíduo	30
2.2.3.2.1 <i>Relato dos pacientes</i>	34
2.2.3.3 Tecnologia assistiva	38
2.2.3.4 Prótese	39
2.2.3.4.1 <i>História da prótese</i>	41
2.2.3.4.2 <i>Componentes de uma prótese do membro inferior</i>	45
2.2.3.4.3 <i>Tipos de prótese</i>	48
2.2.3.4.4 <i>A prótese e a realidade brasileira</i>	50
2.2.3.4.5 <i>A prótese oferecida pela APR</i>	54
2.2.3.5 A anatomia humana	60
2.2.3.6 Antropometria	65
2.2.3.7 Fotografia	67
2.2.3.8 Tecnologia CAD e a modelagem 3D em SolidWorks	70
2.2.3.9 Controle numérico computadorizado	73
2.2.3.10 Poliuretano	76
2.3 CONCEPÇÃO DO PROJETO.....	77
2.3.1 Descrição do Registro Fotográfico.....	80
2.3.2 Desenvolvimento do Modelo 3D Parametrizado	82
2.4 REALIZAÇÃO	90
2.5 AVALIAÇÃO	97
3 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
REFERÊNCIAS VIRTUAIS	107
APÊNDICE A - Entrevista com pacientes	112
APÊNDICE B - Entrevista com o diretor da APR	121
APÊNDICE C - Entrevista com psicóloga	124
APÊNDICE D - Entrevista com fisioterapeuta	126
APÊNDICE E - Entrevista com professor de anatomia	129
APÊNDICE F - Entrevista com diretor da FENAP	130
APÊNDICE G - Imagens dos voluntários A e C	132

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho visa aprofundar os estudos na área de desenvolvimento de carenagem de próteses de membro inferior, a fim de otimizar os meios de fabricação desses artefatos por meio do estudo aplicado de novas tecnologias. Para isso, foram pesquisados os obstáculos vivenciados pelos indivíduos que necessitam desse tipo de assistência, visto que uma boa parcela deles encontra dificuldades para aceitação do novo membro artificial. A partir disso, busca-se no Design ferramentas que possam auxiliar ao longo desse processo.

Cada indivíduo possui sua caracterização exclusiva que o distingue dos demais e o torna único. Segundo Tavares (2003), a auto-imagem e a relação que se estabelece com o próprio corpo são fatores que permitem ao ser humano realizar o reconhecimento de si mesmo como pessoa pertencente a um meio social, psicológico e físico pré-definidos. Isso faz com que, apesar da consciência de diferenciação particular proporcionada pela genética, possa-se legitimar as características dos indivíduos como seres pertencentes a uma espécie comum - características essas que tornam os seres humanos iguais perante conceitos biológicos.

A partir do momento em que ocorre a perda de um membro, o indivíduo passa por um processo de reconstituição da sua auto-imagem, além da difícil tarefa de se adaptar à nova condição. Todo esse processo complicado e doloroso esbarra também na aceitação da utilização de uma prótese e, principalmente, na resistência de entender este objeto como uma nova parte integrante de si mesmo.

Com base nisso, busca-se compreender o significado da ausência de um membro: a superação da dor, a resignação sobre a nova condição e o preparo físico e psicológico para a utilização de uma prótese. Não obstante, começam-se novos desafios na vida desse ser humano.

Muitas vezes, não há o preparo necessário para a obtenção e utilização de uma prótese. O que ocorre, tanto por falhas no suporte oferecido pelo Sistema

Único de Saúde (SUS) quanto pela falta de informação do paciente, é o grande número de desistências. Alguns desses fatores que endossam esta realidade são: a dificuldade de adaptação, o despreparo psicológico e a condição à qual o paciente é exposto, visto que uma das metodologias de concepção e adequação de um artefato desse porte acaba sendo, ainda hoje, muito artesanal. O processo de fabrico da carenagem é feito manualmente: a espuma que reveste a prótese e confere aspectos anatômicos é esculpida por desbaste. Isso, somado ao procedimento padrão de desenvolvimento de uma prótese (que implica em uma demanda de aproximadamente três meses), resulta em um tempo maior de espera, assim como explica o técnico responsável pela fabricação de próteses na Associação Paranaense de Reabilitação (APR). Este acabamento estético é um processo suplementar e, muitas vezes, é utilizado por pacientes recém-amputados, a fim de que eles adquiram familiaridade e maior segurança na utilização e aceitação da prótese.

Através da Tecnologia Assistiva (TA), focada na elaboração de projetos voltados para os indivíduos com necessidades especiais, pode-se conhecer mais sobre as dificuldades enfrentadas por essas pessoas e como os conceitos técnico-científicos estão sendo aplicados atualmente para a minimização desses problemas. Além disso, há a análise psicológica e fisiológica deste indivíduo em transformação, estudos anatômicos e ergonômicos do membro perdido e uma metodologia para a elaboração de um projeto de produto, envolvendo a utilização de campos distintos do conhecimento. Também há a aplicação de tecnologias diferenciadas, como a fotografia e a modelagem tridimensional (3D), com o propósito de gerar o objeto de estudo que motiva esta pesquisa. A partir disso, a Psicologia busca compreender o sofrimento vivenciado pelo paciente, algo que auxilia o Design na busca de soluções adequadas que possam trazer benefícios para essa pessoa. Deste modo, a alternativa proposta para o emprego técnico e científico a ser utilizado é complementado pela utilização do Controle Numérico Computadorizado (CNC), com o intuito de ser uma opção mais rápida e eficaz na obtenção de moldes de carenagem de próteses, otimizando o processo como um todo.

Por meio do aprofundamento dos pontos expostos no parágrafo anterior, pesquisou-se a base teórica necessária para o estudo de desenvolvimento de um molde para a obtenção da carenagem de prótese - parte que simula o formato de

uma perna e serve para proteger a parte mecânica do aparelho. Para isso, tem-se por objetivo obter essa peça através da usinagem, utilizando poliuretano (PU) como matéria-prima, para estudar sua aplicabilidade à proposta do trabalho.

A partir do projeto de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) “Tecnologia CNC aplicada à construção de próteses”, realizado pelas graduandas Aline Lourenço e Mayara Clebsch, pretende-se dar continuidade à pesquisa já desenvolvida, estabelecendo novos métodos de investigação e desenvolvimento tecnológico. Através de estudo de caso, coleta de dados de pacientes e pesquisa do material que se adapte melhor as necessidades do projeto, visa-se comprovar que o emprego de uma nova tecnologia pode facilitar e tornar mais ágil a fabricação de próteses, resultando em uma solução alternativa para viabilizar a obtenção desses artefatos oferecidos pela APR.

Todas as experiências propiciadas por esses estudos não procuram uma resposta definitiva para a solução do problema e servirão apenas como suporte para novas diretrizes e apoio para futuros estudos envolvendo este processo de fabricação pouco explorado.

1.2 JUSTIFICATIVA

Questões que envolvem o bem-estar do indivíduo, como a conquista dos direitos humanos e a inclusão social, são cada vez mais debatidas na sociedade. Dessa maneira, são explorados modos de acolher esses indivíduos e quebrar as barreiras que os distanciam do convívio social. Ainda assim, há muito a ser feito em prol desse público, que ainda não recebe a devida atenção.

No que se refere aos indivíduos portadores de alguma necessidade especial, de modo geral, há dois diferentes níveis de adaptação: aqueles que já nascem com algum problema e os que a adquirem no decorrer da vida. Dentre estas duas possibilidades, a segunda é a mais traumática, pois acontece uma ruptura na vida da pessoa que a impossibilita de ter as mesmas condições que outrora tivera. Quando se trata de uma perda evidentemente física, as dificuldades se potencializam. Nesse caso, esses indivíduos são excluídos socialmente, tanto por

iniciativa própria quanto por ações de uma sociedade que, na maioria das vezes, não tem preparo para recebê-los, o que resulta em sua marginalização. O preconceito sofrido por esse deficiente físico, que já nega a si mesmo e tem dificuldade de se apropriar da sua nova condição de vida, evidencia ainda mais os traumas psico-emocionais já existentes, algo que se reflete em sua convivência social. E quando esse indivíduo finalmente aprende a conviver com seus complexos, ele se depara com um novo obstáculo: adquirir uma prótese. Esse problema atinge principalmente pacientes de baixa renda que necessitam do atendimento do SUS - algo que será explanado posteriormente.

A utilização de duas tecnologias já existentes em um mesmo projeto, sendo elas *Computer-aided Design* (CAD) e CNC, tem por finalidade tornar o processo de fabricação de molde de prótese de membro inferior mais rápido e facilitado. O emprego de dados variáveis, aplicados a uma modelagem de perna padrão, confere a essa perna a capacidade de adquirir inúmeras formas anatômicas, que buscam caracterizar e diferenciar cada modelo de membro inferior, de acordo com as formas físicas de cada um.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Objetiva-se desenvolver um método para obtenção de molde, através de um modelo que possa ser utilizado na fabricação de carenagens de próteses endoesqueléticas de membro inferior, por meio de um programa paramétrico de modelagem 3D e tecnologia de usinagem por controle numérico.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Pesquisar e descrever os métodos de fabricação de próteses

atualmente empregados na rede pública de saúde;

- Pesquisa com o público alvo;
- Modelagem virtual 3D de um membro inferior;
- Aplicar ao modelo virtual dados variáveis obtidos a partir de fotografias;
- Usinar o modelo 3D;
- Verificar com a usinagem do modelo a aplicabilidade da proposta.

1.4 ESTRUTURA

O presente trabalho de conclusão de curso foi estruturado da seguinte forma:

- O primeiro capítulo contém a contextualização do documento. Nele estão descritas as razões pela escolha do projeto, a justificativa e os objetivos geral e específicos traçados.
- Na segunda parte está o projeto na íntegra, possuindo uma abrangência superior à dos outros tópicos - visto que traz todo o conteúdo estudado. Essa organização foi escolhida por manter relação direta com os autores que nortearam a abordagem do trabalho e por ser o modo mais fácil de manter uma linha de raciocínio uniforme. Desse modo, subdivide-se em: Metodologia; Preparação, compreendendo o conhecimento do público, pesquisas de campo e revisão da literatura; Concepção do projeto, a união de todas as informações anteriores aplicadas à proposta; Realização e Avaliação dos resultados.
- Por fim, no último capítulo são apresentadas as conclusões e recomendações para pesquisas futuras.

2 PROJETO

2.1 METODOLOGIA DE PROJETO

Metodologia do projeto Diversos autores		Fases						
		Elaboração do projeto				Implementação		
Autores	1	2	3	4	5	6	7	
Baxter (1998)	Especificação do projeto	Projeto conceitual	Projeto de configuração	Projeto detalhado	Projeto para fabricação			
Magrab (1997)	Definição do produto	Geração de projetos viáveis	Avaliação dos projetos	Projeto de produto e do processo	Manufatura e montagem			
Pahl e Beitz (1996)	Classificação da tarefa	Projeto conceitual	Projeto preliminar	Projeto detalhado				
Hubka e Eder (1996)	Definição do problema	Projeto conceitual	Projeto preliminar	Detalhamento	Protótipo e testes			
Clausing (1995)	Conceito		Projeto		Preparação	Produção		
Ulrich e Eppinger (1995)	Desenvolvimento do conceito		Projeto nível de sistema	Projeto detalhado	Testes e melhorias	Produção e lançamento		
Schulmann (1994)	Estudos preliminares	Criação	Execução tridimensional (modelos)	Realização (aperfeiçoamento técnico protótipos e custos)	Industrialização			
Ullman (1992)	Planejamento (desenvolvimento da especificação)	Projeto conceitual	Projeto de produto (documentação)		Produção			
Wheelwright e Clark (1992)	Projeto do produto e projeto do processo de manufatura				Produção piloto	Lançamento		
Pugh (1991)	Especificação de projeto de produto	Projeto conceitual	Projeto detalhado		Manufatura			
Andreassen e Hein (1987)	Investigação da necessidade	Princípio do produto	Projeto do produto		Preparação da produção	Produção		
Bonsiepe (1984)	Definição do problema	Anteprojeto geração de alternativas	Projeto (avaliação, decisão, escolha)	Realização	Análise final da solução			
Back (1983)	Estudo de viabilidade		Projeto preliminar	Projeto detalhado, revisão e testes	Planejamento da produção	Planejamento de marketing		
Barroso Neto (1982)	Definição do produto	Anteprojeto geração de alternativas	Projeto	Construção do protótipo	Produção experimental			
Bomfim, Nagel e Rossi (1977)	Compreensão da necessidade	Processo de solução e análise	Desenvolvimento		Implantação			
Archer (1974)	Pesquisa preliminar	Estudos de exequibilidade	Desenvolvimento do desenho do produto	Desenvolvimento do(s) modelo(s)	Estudo de comercialização	Desenvolvimento da produção	Planejamento da produção	
Cain (1969)	Investigação	Concepção de projeto	Projeto do produto	Desenvolvimento do produto	Teste	Documentação para produção		

Figura 1 - As fases do processo de desenvolvimento de produtos segundo a visão de diversos autores.
Fonte: Romano (2003) (adaptado)

A partir do quadro exposto anteriormente (Figura 1), procura-se estabelecer uma linha de raciocínio que ao fim de um processo de análise possa chegar ao objetivo proposto, atendendo todos os requisitos envolvidos. Diante disso, é importante elaborar uma metodologia que direcione e sane as necessidades do desenvolvimento do projeto. Para isso, foram analisados diversos autores que apresentam sistemas de estruturação de projeto diferenciados. Observou-se a similaridade com que esses pesquisadores trabalham e estabelecem suas etapas de projeto e, apesar de distintas em alguns pontos específicos, todas elas, de modo geral, apresentam um escopo e uma estrutura de trabalho comum. Conforme explicita Romano (2003), pode-se ter um panorama geral de como a metodologia de projeto é abordada e segmentada por alguns desses autores.

Esse estudo não visa a elaboração de um produto final, aplicado ao uso direto pelo usuário, mas sim a comprovação de uma das etapas de um sistema maior. Essa etapa específica busca averiguar a eficácia e a viabilidade deste processo dentro de um sistema completo, mais abrangente. Sendo assim, este projeto ambiciona construir, futuramente, um mecanismo que utilize o modelo adotado pela tecnologia CNC para usinar o molde da carenagem através de um eixo de rotação e dois de translação. Uma característica essencial para a máquina é a de que seu custo de fabricação e utilização seja reduzido e acessível ao público de baixa renda.

Iniciando-se pelo critério de seleção que considera as especificações descritas no parágrafo anterior, foram desconsideradas algumas opções e relevadas outras que, mescladas, servem de alicerce para a lógica empregada no trabalho. Somado ao estudo dos autores selecionados para a pesquisa, buscou-se respaldo no conhecimento adquirido das graduandas durante o processo acadêmico, que firma-se nas concepções elaboradas por Löbach (2001):

O trabalho do designer industrial consiste em encontrar uma solução do problema, concretizada em um projeto de produto industrial, incorporando as características que possam satisfazer as necessidades humanas de forma duradoura. (LÖBACH, 2001, p.141)

Conforme explica o autor, o designer tem o papel de promover a resolução dos problemas cotidianos na constante busca pela satisfação do cliente. Para atingir essa meta, segundo Löbach (2001), é necessário subdividir o projeto

para melhor compreensão e organização deste. Assim, sugere-se a fragmentação da seguinte forma (Figura 2):

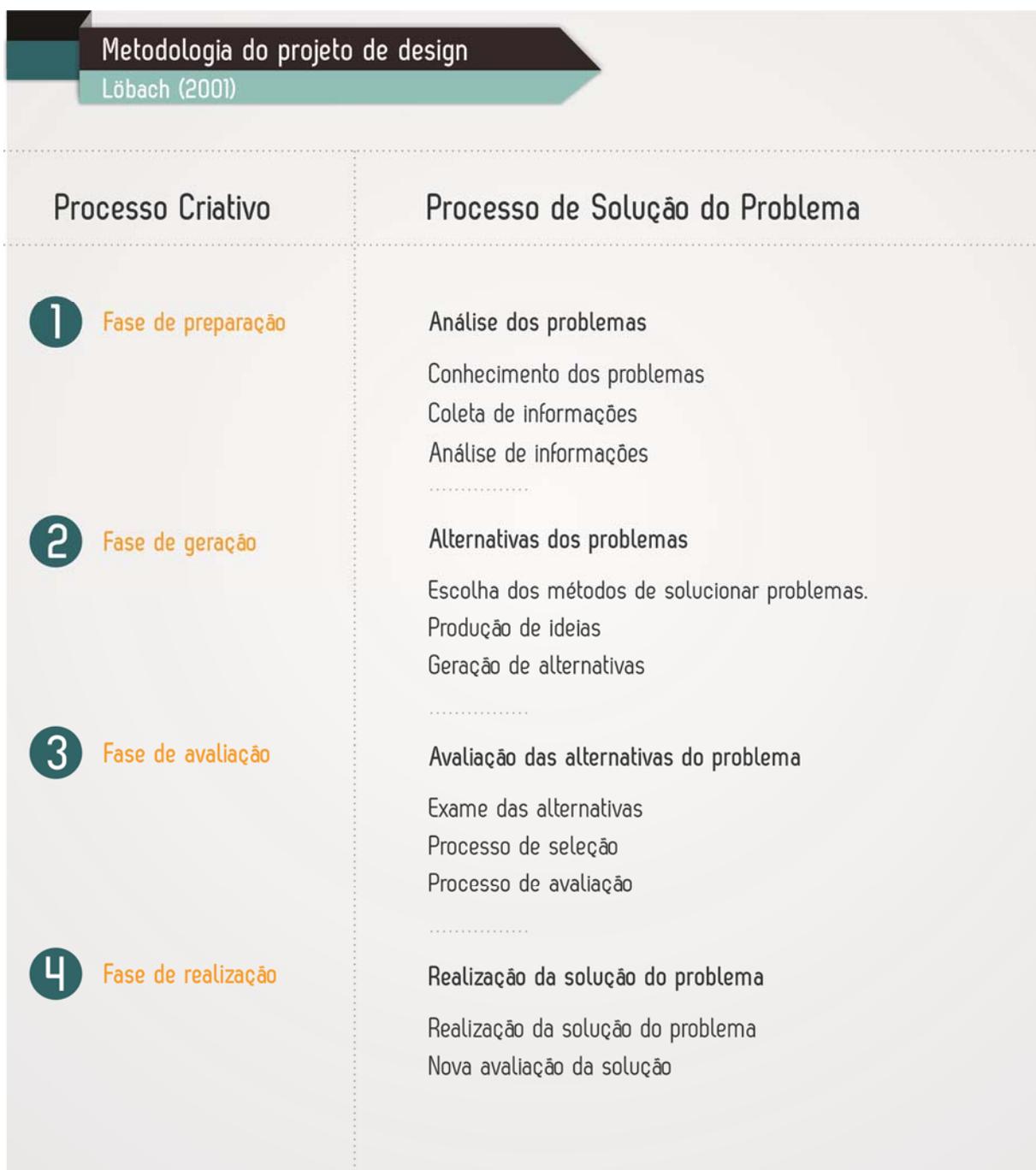


Figura 2 - As fases do processo de desenvolvimento de produtos segundo a visão de Löbach.
Fonte: Löbach (2001) (adaptado)

A organização descrita no quadro (Figura 2) é bastante adequada para as necessidades do projeto. Para a sua utilização, foram aplicadas algumas adaptações aliadas aos conceitos de como Baxter (2000) e Back (2008).

Por tratar-se de um tema pouco explorado e que carece de fontes documentadas, é de extrema importância para a contextualização do documento realizar pesquisas de campo, aplicar entrevistas a profissionais das mais diversas áreas que permeiam o assunto discutido e coletar relatos de pacientes que sofreram amputação, a fim de proporcionar um retrato da realidade vivenciada por esses indivíduos.

É importante o Design aplicado dentro do contexto do projeto de pesquisa e, principalmente, a aplicação de seus conceitos em todos os âmbitos do processo metodológico. Também é necessário ter em mente que se trata de um projeto extenso, cujo objeto de pesquisa foi anteriormente explorado pelas estudantes Aline Lourenço e Mayara Clebsch, e, portanto, deve possuir uma base sólida para guiar trabalhos posteriores.

2.1.1 Aplicação do Design

Em um primeiro momento, é preciso estabelecer e compreender algumas definições de *design* feitas por alguns autores. Wollner (2003) descreve *design* como algo que não valoriza apenas “a estética”, mas que também se preocupa “com a função, com materiais, com a ergonomia visual, com aplicações planas e não planas.” (WOLLNER, 2003, p.91). Por sua vez, Schneider (2010) esclarece que o *design* “é a visualização criativa e sistemática das diferentes funções de objetos de uso e sua adequação às necessidades dos usuários ou aos efeitos sobre os receptores” (SCHNEIDER, 2010, p. 197). Nesses dois trechos, percebe-se que o *design* não se refere somente à parte visual, mas absorve aspectos funcionais que devem se adequar às necessidades de quem fará uso do artefato. São critérios importantes na concepção de um projeto Um produto que contemple estudos relacionados a uma metodologia bem definida, à aplicação de materiais, aspectos ergonômicos, noções de comercialização, descarte, entre outros fatores relevantes, atende aos critérios importantes na concepção de um projeto.

Nota-se que o *design* atua como um mediador entre as diversas áreas que interagem no desenvolvimento de um projeto. Isso significa que, por intermédio

de suas metodologias e conceitos, sua característica é multidisciplinar. Essa multidisciplinaridade intercede não apenas no acabamento final, mas está presente em todas as etapas anteriores, e permeia todo o processo. “A multidisciplinaridade implicaria na solução de um problema por meio do envolvimento de diferentes disciplinas [...]” (FONTOURA, 2011, p. 89-90).

Há muitas etapas envolvidas durante todo o processo do projeto, sendo algumas delas: administrar, gerenciar e organizar. Com isso, percebe-se que o profissional do Design está habilitado a trabalhar com os profissionais das mais variadas áreas, como engenheiros na fase projetual e publicitários na fase de divulgação, além de outros que estão envolvidos especificamente em determinados segmentos. Esse contato varia de acordo com as necessidades de cada trabalho desenvolvido e o seu nível de complexidade. É nesse ponto que se busca respaldo para inserir-se em um universo diferente e fora do conhecimento das graduandas, o que as leva a adquirir o conhecimento fundamental para o entendimento do problema exposto.

Em seus estudos, Mallin (2004) aborda a questão dos materiais direcionados à tecnologia assistiva que, muitas vezes, deixam a desejar - tanto no aspecto funcional como no visual. Assim como qualquer outro usuário, pessoas que necessitam de equipamentos dessa área interagem com o produto, ou seja, necessitam que esse tenha o desempenho esperado sem causar danos ou incômodos.

Empiricamente já se sabe que os objetos destinados à reabilitação de portadores de deficiência, denominados ‘tecnologia assistiva’ não possuem, na sua maioria, a intervenção do *design* como premissa. Este universo de objetos tem-se caracterizado como precário, tanto do ponto de vista estético-formal quanto do ponto de vista da adequação ergonômica. (MALLIN, 2004, p. 13)

Apoiando-se nessa concepção, percebe-se no Design a ferramenta necessária para incitar a pesquisa tecnológica mais economicamente viável e que abranja as questões levantadas neste projeto. Sendo assim, a busca por soluções leva em conta fatores como: viabilidade, eficácia, praticidade e conforto, tanto ao processo desenvolvido quanto ao paciente em si.

Do modo como a carenagem de prótese é concebida atualmente, o processo de lapidação dessa peça é feito manualmente por um profissional. Isso

estabelece a ordem que, quanto menos tempo investido para obtenção de uma estrutura similar a um membro inferior específico, menor será o seu nível de detalhamento. Subsequentemente, a aparência sofre deturpação e o paciente tende a rejeitar a utilização da prótese devido à diferenciação do aspecto formal real. Dessa forma, encontra-se no Design o subsídio referencial para embasar esse estudo de tecnologia alternativa para a fabricação do modelo que tentará prover o molde para a confecção da carenagem de prótese.

O principal sentido utilizado pelo ser humano é a visão, o que faz com que o indivíduo perceba e contextualize o ambiente ao seu redor, principalmente os objetos. Sendo assim, como descreve Baxter (2000), a visão se sobressai aos demais sentidos:

O nosso sistema visual é uma herança de longo processo evolutivo. [...] o ser humano evoluiu para ser um animal predominantemente visual. Em outras palavras, usamos a visão, mais que qualquer outro sentido, como audição ou olfato, para realizar as nossas tarefas diárias. (BAXTER, 2000, p. 29)

Para salientar a importância do *design* nessa problemática, explorou-se em referenciais teóricos direcionados ao *design* emocional a explicação que contemple a interação entre o usuário e o objeto, assim como a influência daquele que o projeta. De acordo com Tonetto e Costa (2011), um produto pode carregar consigo:

[...] todo o conteúdo afetivo que é eliciado pela interação entre usuário e produto, incluindo o grau em que os sentidos são gratificados (experiência estética), o significado atribuído ao produto (experiência de significado) e os sentimentos e emoções despertados (experiência emocional). (TONETTO; COSTA, 2011, p. 133)

E ainda acrescentam a influência do *design* emocional focado nos diferentes personagens que interagem com o produto e que compõem a estruturação de um projeto:

Com foco no usuário: envolve o usuário no projeto, e suas emoções são o foco do processo de *design*. Técnicas exploratórias são comumente empregadas, inclusive colagens, *mock-ups*, entre outras.
Com foco no *designer*: *designers* atuam como autores e, mais que gratificar usuários, esses profissionais desafiam os consumidores, apresentando algo diferenciado.
Com foco em pesquisa: as diretrizes projetuais são frutos de pesquisa e/ou são testadas com usuários, comumente empregando técnicas de mensuração.

Com foco em teoria: a teoria auxilia a qualificar o *design* em termos de impacto emocional. Nessa visão, *insights* teóricos ajudam a desenvolver conceitos. (TONETTO; COSTA, 2011, p. 133)

Dessa maneira, utilizando o Design como aliado, almeja-se obter resultados que possam servir de base para estudos futuros (por meio de seu vasto campo de atuação e unindo áreas que vão desde a Psicologia e a Tecnologia até àquelas que agregam valor estético e funcional ao produto).

2.2 PREPARAÇÃO

Na primeira fase do processo de *design*, é muito importante recolher todas as informações que se possa conseguir e prepará-las para a fase posterior [...]. (LÖBACH, 2001, p. 146)

Assim como descreve o autor, neste momento são feitas as análises das necessidades estabelecidas entre o usuário e o artefato, assim como o meio social em que o primeiro vive. Outras questões envolvem a conjuntura da evolução histórica e todos os estudos específicos que incluem: verificação dos componentes, funções, configurações estéticas, especificação de materiais e tecnologias. Todos estes são parâmetros determinantes para subsidiar as decisões a serem tomadas posteriormente.

2.2.1 Público Alvo e Análise de Mercado

É importante analisar a especificação do público-alvo, como o produto será comercializado e como será feita a estratégia para atingir a sociedade, pois isso serve como um guia para a tomada de decisões (referentes à estrutura do projeto) e é a forma utilizada para se identificar as necessidades do usuário. Dessa maneira, procura-se entender como esse usuário interage com o produto, quais são suas dificuldades e, a partir disso, analisa-se uma forma de otimizar essa relação para

proporcionar uma aproximação que promova uma conexão mais forte com o cliente.

Por se tratar de um projeto que visa à validação de uma das etapas de um sistema completo, não há um produto final aplicado ao usuário, mas sim uma experimentação dessa etapa em desenvolvimento. Ainda será preciso diversos outros estudos e aprofundamentos, em novos segmentos de pesquisa, para que os testes realizados atualmente possam vir a contemplar os reais anseios de uma pessoa amputada - ou seja, prover um produto similar à sua forma física. No entanto, nessa primeira instância, o estudo do modelo de carenagem de prótese pode não possuir relação direta com o usuário, mas a relevância desse indivíduo dentro do contexto geral é de extrema importância para o sucesso deste TCC.

Desse modo, a definição do público-alvo serviu de fundamento para se compreender quais são as barreiras encontradas pelas pessoas que possuem más formações anatômicas congênitas ou aquelas ocasionadas por traumas. Explorar o estado psicológico desse indivíduo e entender a profundidade da relação que ele estabelece com a prótese (o que leva a sua utilização ou não) justifica a defesa desse trabalho. O objetivo é atender às necessidades de pessoas com amputação do membro inferior, a fim de que possam adquirir a carenagem da prótese, na rede pública de saúde, de modo mais rápido e eficiente.

Ainda assim, além dos problemas já mencionados, há indivíduos que não residem na mesma região em que são confeccionados esses equipamentos e, devido a isso, o atendimento não supre a demanda, o que gera filas de espera - como é confirmado por pacientes em entrevistas. A razão dessa demora é desconhecida.

Para comprovar e imergir no contexto de vida dessas pessoas foram realizadas coletas de dados com aqueles que atendem as definições do público-alvo, o que será mais bem detalhado no item a seguir.

Sobre a relação com o mercado, sabe-se que não há uma produção direcionada para a obtenção de carenagem de prótese para a rede pública de saúde. A obtenção de tal artefato pelo usuário é através de um requerimento feito diretamente na instituição, pelo paciente. Diante desse panorama percebe-se um nicho específico que pudesse ser explorado para o emprego de uma melhor metodologia de desenvolvimento desse produto.

Como neste projeto não há o teste direto de aceitação do paciente ao

produto, não será possível definir como o mercado poderia reagir a essa proposta – que será detalhada no decorrer do projeto.

2.2.2 Entrevistas

Para legitimar o projeto, é imprescindível que haja o contato com profissionais de diversas áreas e pacientes que sofreram amputação, conferindo um conteúdo sólido e confiável na constituição das informações presentes neste trabalho.

O meio selecionado para essa aproximação foi a realização de entrevistas, visto que, como define Gil (2008), essa é uma técnica em que o entrevistador se relaciona pessoalmente com o entrevistado, por meio de perguntas, a fim de obter informações pertinentes ao assunto investigado. “Mais especificamente, é uma forma de diálogo assimétrico, em que uma das partes busca coletar dados e a outra se apresenta como fonte de informação.” (GIL, 2008, p. 109).

Com base nessas definições, foram contadas, em Curitiba, instituições especializadas no tratamento de pessoas com necessidades especiais que pudessem indicar profissionais da saúde e pacientes que tenham sofrido amputação. Além disso, também se procurou referências através de professores universitários que são especialistas em algumas das temáticas estudadas.

A metodologia utilizada consiste na aplicação de um diálogo simples e confortável com os entrevistados. Buscou-se apresentar o tema deste trabalho de forma breve, porém detalhada, para que o indivíduo pudesse se localizar dentro do contexto. Foi preparado previamente um roteiro de perguntas para serem indagadas aos ouvintes conforme o decorrer da entrevista. De acordo com as informações compartilhadas pelos indivíduos, novos questionamentos eram feitos, buscando sanar as dúvidas decorrentes do objeto de pesquisa explorado nesse TCC. A intenção era que os profissionais e pacientes fornecessem relatos de suas experiências espontaneamente. Os áudios das entrevistas foram gravados para redação dos fatos posteriormente.

Ouvir os pacientes e procurar entender suas limitações, para poder auxiliá-los da melhor maneira possível, é essencial para se alcançar os melhores resultados.

Assim como salienta Back (2008), ao tratar da busca de novas soluções, quando se conhece a voz do usuário, este conhecimento é benéfico para ampliar a experiência do projetista e, conseqüentemente, aprimorar os projetos de produto. Esse procedimento é essencial, pois é a partir da experiência e vivência relatada dessas pessoas que se pode contextualizar e procurar entender as barreiras que esses pacientes precisam superar diariamente. Todas as entrevistas encontram-se no final do documento (APÊNDICE A) e serão mencionadas durante o trabalho como fonte referencial.

2.2.3 Análise das Atividades e Revisão da Literatura

Segundo a metodologia de Löbach (2001), as etapas de um projeto de *design* realizam, em um primeiro momento, uma ampla pesquisa para auxiliar na compreensão do problema exposto.

No intuito de enriquecer a base teórica, foi realizada uma intensa pesquisa em diversos segmentos, explorando os meios disponíveis de busca. Além de livros de autores renomados, nacionais e internacionais, das áreas da Saúde, Psicologia, Design, Engenharia, entre outros campos, procurou-se também subsídio teórico no meio virtual, a fim de ampliar a visão sobre o assunto “prótese” em todas as suas vertentes. Soma-se a isso a relevância de incluir artigos desenvolvidos recentemente e trabalhos acadêmicos - alguns adquiridos na biblioteca local e outros em acervos *online*. Para os entrevistados foram solicitadas as assinaturas dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecimento (TCLE). Essas foram feitas em duas vias – uma de posse das graduandas e outra do entrevistado.

2.2.3.1 Amputação

De acordo com Boccolini (2000), amputação é um termo de origem latina que

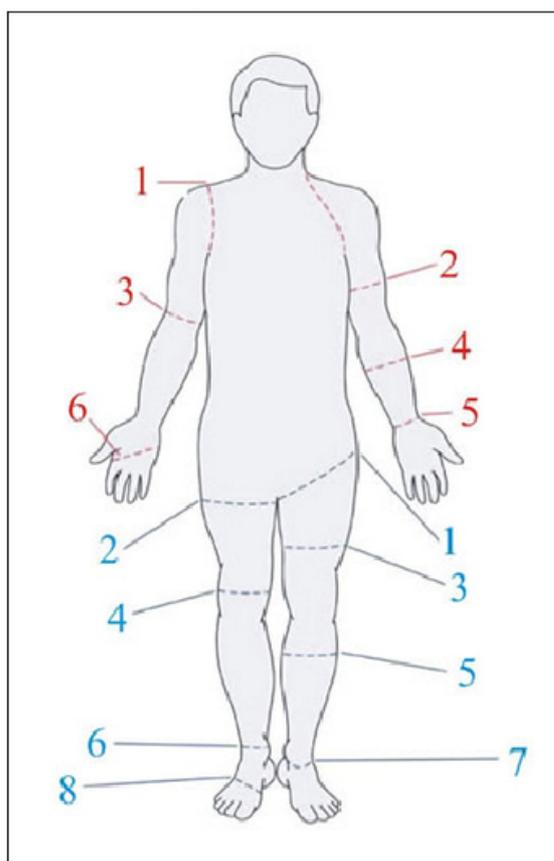
possui duas raízes: *ambi*, que significa *em volta de*, e *putatio*, que significa *podar/retirar*. Unindo os dois termos, amputação representa o ato de retirar total ou parcialmente um membro. A amputação é uma prática executada desde a antiguidade e ainda hoje é utilizada como forma de preservar a saúde de um membro. Quando não se trata de deformidade congênita, retira-se a parcela que não possui uma reação eficaz perante um determinado tipo de tratamento, a fim de não comprometer outros membros ou órgãos. Outro caso é quando ocorre a ruptura traumática, ou seja, o indivíduo sofre a perda devido a circunstâncias acidentais.

Muitas vezes, popularmente, associam a esse termo o sentido negativo de *perda, incapacidade e mutilação*, esquecendo-se que nessa iniciativa há a preservação da vida, assim como salienta Brito et al. (2005).

Conforme descreve Carvalho (1999), as amputações se dão por dois processos distintos: urgência ou indicação eletiva. A primeira trata de traumas que acarretam risco à vida do indivíduo e a segunda se aplica a outras enfermidades mais leves, possibilitando ao indivíduo uma recuperação mais rápida e proporcionando melhor qualidade de vida.

Para esse trabalho, visa-se aprofundar-se, mais especificamente, nas amputações de membro inferior. Nesse tipo de amputação pode-se encontrar “[...] etiologias relacionadas a processos: vasculares, traumáticos, tumorais, infecciosos, congênitos.” (CARVALHO, 1999, p. 11). A parte restante desse membro amputado, como menciona o autor, é denominada *coto*. E é essa parte que serve de suporte para a prótese.

Segundo Sampaio (2012), quanto maior a extensão do coto e quanto mais articulações conservadas, melhores são as condições de adequação e reabilitação, principalmente quanto à utilização de uma prótese. Em relação aos níveis de amputação, segue abaixo a descrição de como são classificadas (Figura 3):



Amputação de Membro Superior

1. Desarticulação do ombro.
2. Transumeral.
3. Desarticulação do cotovelo.
4. Transradial.
5. Desarticulação do punho.
6. Transcarpal.

Amputação de Membro Inferior

1. Hemipelvectomia.
2. Desarticulação do quadril.
3. Transfemural.
4. Desarticulação do joelho.
5. Transtibial.
6. do tornozelo.
7. Syme (desarticulação tíbio-társica)
8. Parcial do pé.

Figura 3 - Níveis de amputação.

Fonte: Sampaio (2012)

O coto será responsável pelo domínio do uso da prótese, assim como todos os seus movimentos (Figura 4). Em se tratando do membro inferior, muitas alterações significativas se mostram quanto à deambulação – que, segundo Carvalho (1999), trata-se do balanço do ato de caminhar (principal movimento afetado e percebido quando se utiliza uma prótese).

A amputação trata-se não apenas de alterações físicas evidentes, mas de transformações psico-emocionais importantes - algo que será mais bem detalhado no item a seguir.



Figura 4 - Imagem tirada pelo próprio paciente de seu coto.
Fonte: Britto (2011)

2.2.3.2 Análise das dificuldades e adaptações do indivíduo

Neste projeto, é essencial compreender as fases que o indivíduo enfrenta com a perda de algum membro. Buscou-se em autores que estudam esse tema subsídio teórico para compreender o processo de concepção de corpo e imagem que o ser humano tem sobre si e como isso é afetado pela perda. Para melhor compreender o tema abordado e os problemas que circundam esse universo, também é preciso aprofundar-se na realidade daqueles que estão vivenciando a adaptação à nova condição de vida.

Compreende-se que, a partir do momento de seu nascimento, o ser humano tem uma imagem de si; a sua definição de identidade se dá através da percepção do próprio corpo. Nasio (2009) esclarece que, desde o momento em que o feto entra em contato com o corpo da mãe, a percepção inconsciente de si próprio já começa a ser estabelecida. E acrescenta que a imagem formada quando ainda não há a conscientização de corpo é diferente daquela percebida fisicamente. Tavares (2003) completa que a representação do “eu” é tomada de dois modos: uma é a representação mental e a outra é a física do próprio corpo, ou seja, essa “abordagem da imagem corporal incrementa a convergência de intervenções

motoras e psíquicas na busca do desenvolvimento da pessoa.” (TAVARES, 2003, p.27).

Sendo assim, o ser humano tem uma percepção subconsciente do seu próprio ser. Quando algum membro não se encontra mais em seu físico perfeito, a atitude desencadeada é a negação de si próprio, pois, para a vítima, o membro perdido ainda está ali, algo ocasionado pela sua concepção mental de corpo. Por isso, muitas vezes, o indivíduo amputado se depara tentando realizar movimentos que antes eram normais, pois em seu inconsciente aquele pedaço de corpo perdido ainda permanece em seu lugar. Isso é uma consequência da percepção de imagem corporal que engloba não só o aspecto físico, mas também o psíquico. Esse distúrbio psicológico é citado por Caldas et al. (2008) como *membro fantasma*, pois a sensação é tão realística que o paciente se depara com situações em que, mesmo impossibilitado, tenta ficar em pé ou fazer movimentos com o membro perdido “[...] ou seja, sensação que sua mão ou pé estão ligados diretamente ao coto.” (RAMOS et al., 2007, p. 222).

A dor fantasma é definida como um [sic] sensação dolorosa do membro amputado. A causa da dor ainda é polêmica, o que gera controvérsias. A dor geralmente está localizada na região distal em virtude de grande representação cortical. Os pacientes geralmente relatam disparos dolorosos, apertos, câibras e queimações. Essas sensações tendem a desaparecer, porém podem durar anos. (CARVALHO, 1999, p. 43)

Quando ocorre a perda, a reação é identificar-se como um “objeto” estranho - incompleto não apenas físico, mas também psicologicamente - perante aquilo que é culturalmente estigmatizado como normal. Além dos traumas psicológicos, o processo de amputação desencadeia, como cita Dornellas (2010), “várias complicações no coto” como também “edema, ulcerações, dor fantasma, infecções e neuroma doloroso, comprometendo a independência física e social do indivíduo”. (DORNELLAS, 2010, p. 204).

Durante a reabilitação, a vida produtiva da pessoa vitimada pelo acidente fica prejudicada, pois ela permanece afastada do trabalho durante este processo de recuperação e numa sociedade onde o indivíduo é valorizado pela sua produção e riqueza, recai sobre ele a imagem de inutilidade. (DORNELLAS, 2012, p. 204)

No decorrer da história da humanidade, a aceitação de um indivíduo cujo

aspecto físico ou psicológico possuísse algum tipo de deficiência se deu de forma progressiva. Como explana Sasaki (2006), no que se refere às práticas sociais, inicialmente as pessoas que apresentassem situações diferentes das usuais eram excluídas dos grupos sociais. Em seguida, foi empregada a integração social e, mais recentemente, surgiu a filosofia de inclusão social, que visa modificar os sistemas sociais em geral, não apenas em determinadas instituições.

A reinclusão desses indivíduos na sociedade passa por um processo longo de aceitação da própria pessoa e do seu novo estado perante os demais. Em seus estudos, Camargo et al. (2009) explica que a identificação dos parâmetros físicos ideais forma-se a partir do contato coletivo, ou seja, as características físicas dentro de um grupo estabelecem, mesmo que inconscientemente, a definição do corpo ideal.

A prótese representa para o amputado uma nova inserção na sociedade - da qual julgava não fazer mais parte por ser “diferente”. Outros veem a prótese como uma aberração e recusam-se a utilizar aparelho - fase de negação da nova situação física. Entretanto, acima de tudo, o indivíduo procura, com o uso da prótese, retornar ao seu nível de independência, a fim de não depender mais de terceiros para executar tarefas que, antes da perda, eram exercidas normalmente. Sasaki (2007) define o termo independência como:

[...] a faculdade de decidir sem depender de outras pessoas, tais como: membros da família, profissionais especializados ou professores. Uma pessoa com deficiência pode ser mais independente ou menos independente em decorrência não só da quantidade e qualidade de informações que lhe estiverem disponíveis para tomar a melhor decisão, mas também da sua autodeterminação e/ou prontidão para tomar decisões numa determinada situação. (SASSAKI, 2006, p. 35-36)

Nessas circunstâncias, o uso de uma prótese acarreta várias fases, desde a aceitação do futuro usuário em ter de carregar um corpo estranho ao seu até a sua reinserção no meio social; desde identificar nesse artefato a possibilidade de desenvolver as atividades exercidas antes da amputação, mesmo que em grau inferior, até iniciar, de fato, o processo de aquisição do aparelho.

Contudo, além de todo distúrbio vivenciado para a aceitação e a adaptação à nova condição, aqueles que optam pelo uso do equipamento passam por uma nova etapa de reabilitação. Esse processo é realizado junto a uma equipe multidisciplinar

que acompanha o processo desde o início - e até mesmo depois do recebimento da prótese, como relatado em entrevistas realizadas com profissionais que trabalham no segmento.

Em conversa com a fisioterapeuta da Associação de Deficientes Físicos do Paraná (ADFP), Isabel Cristina Bini¹ (APÊNDICE B), a profissional enfatiza a importância da reabilitação para a utilização do equipamento. Com foco na reeducação postural, a fim de eliminar os vícios posturais ocasionados pela nova condição corporal, a fisioterapia é uma aliada ao paciente. Quando essa procura é imediata, o processo é muito mais rápido e simplificado, pois o paciente ainda possui a memória do movimento latente, o que contribui para o menor tempo de recuperação. Há também exercícios que interferem de forma imediata, a fim de evitar complicações na área mais sensível da amputação: o coto. Se esta região não receber os devidos cuidados, poderá apresentar complicações, como o atrofiamento. Quando esse tratamento não ocorre, os pacientes não se sentem estimulados a reaprender a andar, e muito menos a utilizar a prótese corretamente, o que influi significativamente no número de desistências do uso deste artefato.

As definições encontradas nos referenciais teóricos podem ser confirmadas pela experiência da psicóloga Talita Barbi Hermann², em casos de tratamento de pessoas recém-amputadas (APÊNDICE C). Hermann salienta que o trabalho realizado em prol da recuperação do paciente tem diagnóstico puramente singular. No livro *Amputados vencedores: porque a vida continua*, de Flávio Peralta (2010), é relatada a história de vida do próprio autor após ele ter sofrido amputação dos dois membros superiores. Apesar de sua história ter um desfecho positivo, em que é

¹ Isabel Cristina Bini possui graduação em Fisioterapia pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (1988) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2004). Atualmente é professora em nível de especialização, dos cursos de Traumatologia e Ortopedia Clínica e Fisioterapia do Trabalho - CBES. Ergofísio - Suporte em Ergonomia e Fisioterapia, Diretora. Professora da Faculdade Dom Bosco - Campus Mercês, Coordenação geral escola técnica - Colégio de Brasileiro de Estudos Sistemáticos.

² Talita Barbi Hermann é formada em Psicologia pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná, especializada em psicologia esportiva. Atua voluntariamente no tratamento psicológico dos pacientes da ADFP.

demonstrada a importância de familiares e amigos nesse processo de aceitação e superação das dificuldades, Peralta (2010) ressalta “Alguns demoram anos para se reerguer, outros nunca se levantam”. (PERALTA, 2010, p.10). Esse trecho enfatiza a singularidade em cada tratamento, pois cada caso tem um desenrolar particular que depende de vários fatores, os quais abrangem questões psicológicas e familiares relacionadas ao meio onde o indivíduo vive, entre outros.

É diante da necessidade de amenizar um dos percalços sofridos pelo paciente (na busca pela adaptação da prótese) que se justificam as pesquisas deste TCC, visto o tamanho das dificuldades enfrentadas para se adquirir esse tipo de equipamento pelo SUS. A partir disso, procura-se amenizar, mesmo que de forma sutil, a angústia sofrida durante o processo como um todo. Analisando os relatos de pacientes (APÊNDICE A), sabe-se que alguns recém-amputados tem aversão ao novo aparelho devido à aparência totalmente diferente da de um membro inferior. Dessa forma, com foco nesses pacientes, almeja-se o desenvolvimento de uma tecnologia que possa reproduzir, da maneira mais fiel possível, uma carenagem que simule o membro perdido. Assim, contribuir-se-á com essa etapa, na qual o indivíduo poderá se familiarizar com a prótese - não apenas em se tratando do aspecto físico, mas também buscando compreender e trazer ao paciente os benefícios de se possuir um artefato similar à sua anatomia (e que diminuam a afirmação da ausência de uma parte do corpo).

2.2.3.2.1 Relato dos pacientes

Para realizar a entrevista com o público-alvo deste trabalho (pacientes que não possuem, pelo menos, um dos membros inferiores), foi preciso seguir um critério de seleção dessa população, visto que a etapa de conseguir informações diretamente desses indivíduos é muito delicada (devido ao estado psicológico em mudança no qual o paciente se encontra).

Deve-se manter cautela na preparação das perguntas a serem direcionadas aos entrevistados, visto que um assunto que é confortável para um, pode não ser para outro. Contudo, esse conceito de conforto em relação a certos temas

abordados sobre a vida do paciente é algo que possivelmente se adquire a longo prazo. Nem mesmo os profissionais da saúde consultados para embasar a pesquisa teórica possuíam uma quantidade suficiente de pacientes com a devida preparação psíquica. Para evitar constrangimentos, tanto do entrevistado quanto do entrevistador, optou-se pela busca de depoimentos com indivíduos que já passaram por todo o processo de reabilitação e conseguiram encontrar motivação e oportunidade através do esporte.

A decisão da busca por atletas foi tomada por indicações de funcionários da ADFP, instituição onde alguns deles trabalham ou utilizam o espaço para treinamento. Os atletas entrevistados fazem parte de uma equipe masculina de vôlei paraolímpica, constituída na sua maioria por pessoas que necessitam do uso da prótese. Dentro dessa parcela foram dez os entrevistados, considerando a compatibilidade de horários entre os entrevistados e as graduandas. Desses, segundo os relatos, seis sofreram acidente de moto, tendo que amputar um dos membros inferiores; outros quatro sofreram a perda em consequência de câncer no joelho, tiro em assalto e atropelamento quando criança. Em apenas um dos casos a ausência do membro se dava de forma bilateral, decorrente de má formação congênita. A entrevista realizada com todos os pacientes se encontra, na íntegra, no final do documento (APÊNDICE A).

Como esses pacientes já possuem uma estrutura psicológica bem consolidada e são bem resolvidos com sua situação, as respostas obtidas por esses indivíduos possuem um teor acima da média. A partir disso, pode-se perceber como muitos deles possuem uma linha de raciocínio comum quanto a alguns dos temas abordados, como a importância estética da carenagem para simular o formato da perna ou a utilização deste utensílio com calças - algo que poderá ser melhor analisado no gráfico a seguir (Figura 5).



Figura 5 – Gráficos sobre estética da prótese, de acordo com os entrevistados.
Fonte: Autoria própria (2014)

Apesar de a maioria das pessoas que fazem parte deste público em específico não manterem uma relação de utilização direta com a carenagem, alguns deles, durante as entrevistas, demonstraram muitas dificuldades de adequação ao uso da prótese. Apesar dos pacientes com um perfil psicológico superior, boa parte da população que sofre a amputação, mesmo tendo apoio familiar, passa pelo processo de negação da prótese (por não ser uma parte sua e não possuir semelhanças com seu próprio corpo). Se há dentro deste seleto grupo de pessoas com alta auto-estima aqueles que rejeitaram a prótese, o índice geral de rejeição revela proporções muito maiores, como comprovam as entrevistas da fisioterapeuta Isabel Cristina Bini, da Psicóloga Talita Barbi Hermann e do próprio técnico responsável pela APR, Paulo Cesar Costa, já descritas anteriormente. Deste modo, pode-se afirmar que a estética similar à anatomia humana é um fator importante,

inicialmente, para que o indivíduo queira utilizar a prótese em substituição ao membro perdido.

Outros questionamentos importantes para a pesquisa, que foram coletados dos entrevistados, são sobre a demora na solicitação de atendimento para adquirir a prótese. Todos os entrevistados fizeram, pelo menos, uma tentativa pelo SUS, mas alguns desistiram pela demora e outros não se adequaram ao produto oferecido pela instituição. Em relação ao tempo de espera, há uma variação considerável daqueles que residem em Curitiba e de outros que são da região metropolitana. Em contrapartida ao Sistema Único de Saúde, alguns procuram obter a prótese por iniciativa privada. Desse modo, por meio do gráfico, também é possível ter uma porcentagem dessa demora de acordo com as informações citadas anteriormente (Figura 6).

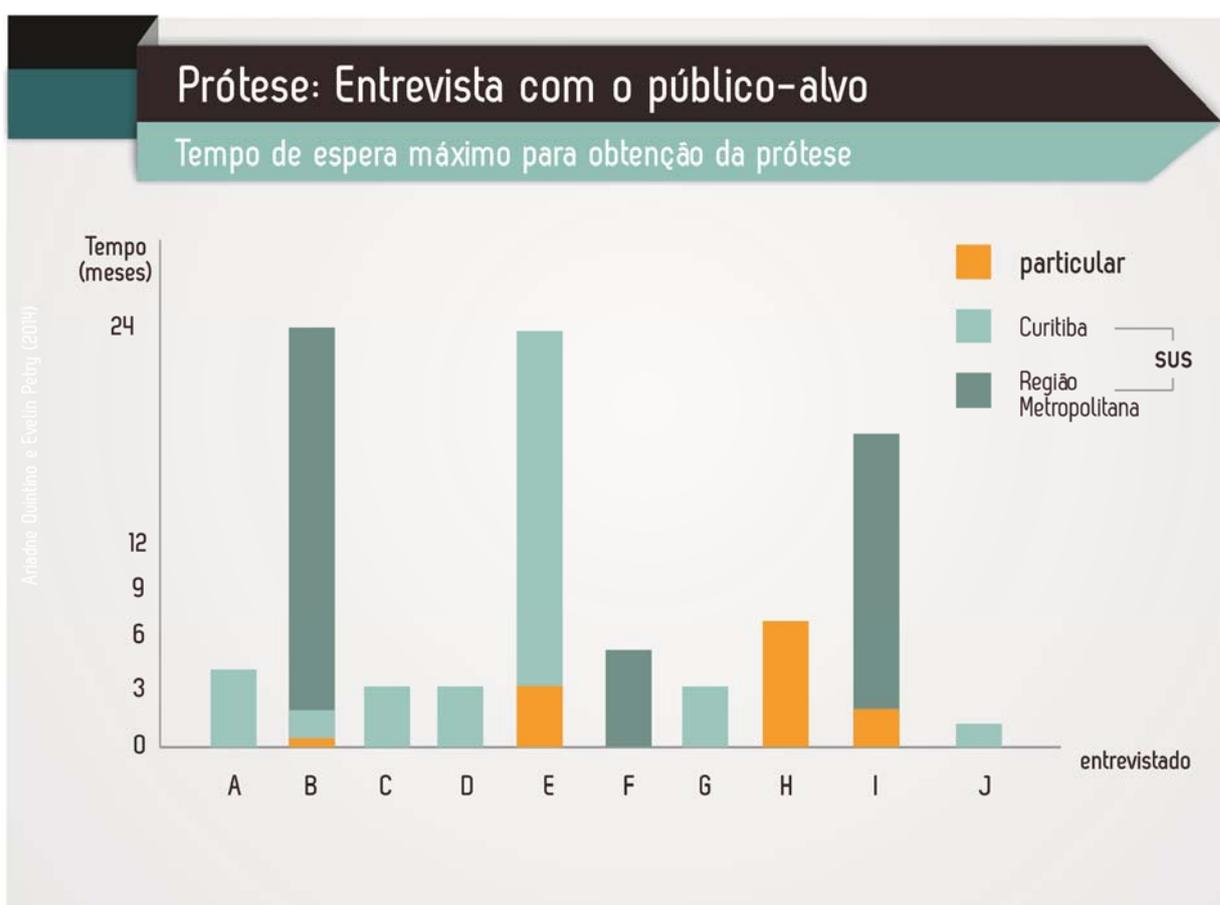


Figura 6 – Gráfico sobre a demora para a obtenção de prótese descrita pelos entrevistados.
Fonte: Autoria própria (2014)

2.2.3.3 Tecnologia assistiva

Segundo o conceito estabelecido pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, as Tecnologias Assistivas (T.A.) são tecnologias que possam reduzir ou eliminar “[...]as limitações decorrentes das deficiências física, mental, visual e/ou auditiva, a fim de colaborar para a inclusão social das pessoas portadoras de deficiência e dos idosos” (FINEP, 2005), ou seja, tem por finalidade promover a inclusão social de pessoas com necessidades especiais por intermédio de produtos e serviços, facilitando a interação desses com a sociedade. Procura-se pensar em alternativas para que essas pessoas possam realizar suas atividades habituais de um modo mais independente, amenizando os prejuízos provocados pela deficiência.

Importante é a abrangência da Tecnologia Assistiva, assim como expõe Bersch (2013), que se aplica desde a concepção de produtos, que buscam manter e melhorar as capacidades, até serviços de suporte aos deficientes, como fisioterapia, psicologia e medicina.

Considerando que se denomina Tecnologia Assistiva quaisquer produtos, itens, peças de equipamentos ou sistemas, adquiridos comercialmente ou desenvolvidos artesanalmente, produzidos em série, modificados ou feitos sob medida, assim utilizados para aumentar, manter ou melhorar habilidades de pessoas com limitações funcionais, sejam físicas, mentais, comportamentais ou sensoriais; (COFFITO, 2006)

A partir do trecho citado anteriormente, é possível perceber como a T.A. é necessária e influi diretamente na qualidade de vida e inclusão social das pessoas com necessidades especiais. Deseja-se, por meio de um trabalho focado nesses indivíduos, facilitar a comunicação e entendimento de suas necessidades, a fim de que se possam entender e dominar novos artefatos que terão a função de substituir aquilo que lhes falta, facilitando, assim, a interação com o mundo à sua volta.

2.2.3.4 Prótese

Segundo a AMB (2013), prótese é “todo dispositivo permanente ou transitório que substitui total ou parcialmente um membro, órgão ou tecido”. Este utensílio tem como função amenizar a ausência do membro perdido, trazendo ao indivíduo maior autonomia para a realização das atividades cotidianas.

A relação que o usuário estabelece com esse produto é fundamental para que não haja a desmotivação e a desistência de seu uso. Isso é algo que depende de diversos fatores: o encaixe da prótese ao coto, a condição psicológica do paciente para entender a necessidade e o uso desse objeto e a representação simbólica que esse terá na vida desta pessoa. Cada indivíduo tem um modo de interagir e identificar o mundo ao seu redor, o que faz com que nem sempre a prótese venha a ser utilizada - em alguns casos, o paciente se acostuma com a perda e não procura meios de substituição do membro perdido.

A prótese é inserida num contexto de mudanças psicológicas, físicas e motoras que estão em transformação contínua, vindo a trazer - para esse indivíduo já abalado - novas alterações na busca por readequação e inclusão social. Este artefato tem por finalidade propor uma nova dinâmica, trazendo ao usuário uma opção à perda. É notório que a relação estabelecida com este utensílio não se equipara a um membro natural, mas os benefícios que este tende a proporcionar são a razão motivadora que endossa seu uso.

Outro fator que deve ser levado em consideração para que uma prótese seja qualificada para uso e assegure melhor interação com o usuário é quanto ao encaixe proporcionado ao coto e aos componentes utilizados. Assim como descreve Sampaio (2012), há algumas condições importantes para a usabilidade de uma prótese e o coto precisa atender às seguintes características:

- Ter formato similar a um cone, para facilitar o encaixe da prótese;
- ter força muscular, para possibilitar a movimentação da prótese;
- ter o comprimento adequado ao uso da prótese;
- ser firme;
- ser indolor;
- a cicatriz não possuir saliência espessa ou aderência.

Ainda sobre o encaixe, há fatores externos que interferem nas variações de massa corporal do paciente, o que influi diretamente no resultado dos moldes e nas provas de encaixe. Quando o indivíduo perde peso, há maneiras simplificadas de amenizar os problemas. Assim como cita Britto (2012), são colocados calços no interior do encaixe e ao redor do coto (figuras 7 e 8). Essa medida pode gerar bolhas e irritações cutâneas, interferindo também na estabilidade da prótese. Por isso, quando o paciente se encontra em uma situação similar a essa, deve-se confeccionar um novo encaixe - algo que não corresponde à realidade vivenciada pela maioria dos cidadãos que necessitam de uma prótese e que já encontram muitas dificuldades para conseguir uma única prova do artefato. Todavia, quando o paciente engorda e sua variação de peso aumenta, há a impossibilidade de uso do utensílio.



Figura 7 - Encaixe da prótese com calço.
Fonte: Brito (2012)



Figura 8 - Calço na área do coto.
Fonte: Britto (2012)

2.2.3.4.1 História da prótese

Assim como descreve Kim Norton (2007), no artigo *A Brief History of Prosthetics* (texto base para a contextualização histórica da prótese, presente na revista online *InMotion* – a qual trata de diversos assuntos relacionados à amputação), não há como afirmar com absoluta certeza quando se iniciou a utilização de próteses pelo ser humano. Contudo, há diversos relatos históricos descritos em inscrições rupestres que representam indivíduos com alguma deformidade corporal, desde a antiguidade. A relação estabelecida entre os seres humanos amputados e a sociedade manteve-se constante na maioria dos casos: representação de incapacidade. Em algumas culturas antigas, bebês que já nasciam com alguma deformação evidente eram mortos e, em outros casos, julgados e marginalizados.

Na antiguidade e ainda hoje, em determinadas culturas, a amputação é utilizada como forma de punição e, em alguns casos, é vista como devoção religiosa ou resultado de uma grave doença. Vê-se até na mitologia deuses que possuíam algum tipo de amputação, como Tezcatlitoca, deus asteca, e New Hah, deus celta. As técnicas utilizadas para a realização da amputação também são bastante

antigas, visto que eram corriqueiras, principalmente, no tratamento de gangrenas e tumores.

A utilização da prótese foi feita, principalmente, para que as mãos não tivessem seus movimentos limitados (como no caso das muletas), mas ainda assim elas eram, inicialmente, feitas de madeira. Desde o Egito, passando também pela Grécia e Roma antigas, diversos autores narram histórias de pessoas e divindades que possuíam suas deformidades corporais e que utilizavam próteses. Nesses períodos, na maioria das vezes, as próteses ainda eram confeccionadas em madeira ou, em alguns casos, em ferro. No que se refere aos relatos de guerras, muitos dos indivíduos que sofriam alguma amputação retornavam ao campo de batalha portando, na ausência dos membros perdidos, as próteses (NORTON, 2007).

Na Idade Média, a Era das Trevas não foi uma época de grandes avanços científicos e tecnológicos, algo que também se refletiu na evolução e no desenvolvimento de próteses. Nesse período, as próteses eram utilizadas, principalmente, nos campos de batalha e pelas pessoas mais abastadas. Não eram muito funcionais, restringindo-se a funções mínimas – e, fora da guerra, serviam apenas para fins estéticos. A partir do momento em que relojoeiros começaram a desenvolver esses artefatos, houve o aprimoramento das próteses e de seus mecanismos.

Com a introdução das armas de fogo nos campos de batalha, o número de amputados cresceu cada vez mais, o que fez com que houvesse um pouco mais de desenvolvimento na área das próteses. O Renascimento foi considerado o período de pesquisas mais práticas e teóricas quanto ao assunto, principalmente no que diz respeito à larga utilização de referencial teórico greco-romano para fins médicos. Nesse período, as próteses já eram feitas com ferro, aço, madeira e cobre.

Assim como explana Norton (2007), em meados de 1500 já havia relatos de diversos tipos de próteses sendo confeccionadas e melhoradas com o passar do tempo, a partir dos meios de produção disponíveis. Gotz von Berlichingen possibilitou a movimentação de uma prótese de mão por meio de tiras de couro, em que o movimento era executado pela outra mão. Outras informações datadas dessa época revelam observações descritas de um amputado superior bilateral que, por meio das próteses, já possuía movimentação suficiente para tirar seu próprio chapéu, abrir uma bolsa ou até mesmo assinar seu próprio nome.

Por volta de 1536, Ambroise Paré trouxe bastante avanço para a comunidade médica e protética. Ele inventou um dispositivo mecânico acima do joelho, em uma posição fixa, que ajudava amputados de membros inferiores a realizarem dos movimentos. O trabalho dele ajudou a entender como as próteses realmente deveriam ser, de acordo com sua função, e de como seu uso deveria ser empregado. Lorrain também foi um estudioso fundamental na busca por novas soluções, pois introduziu couro, papel e cola para substituir o ferro pesado, fazendo as próteses ficarem mais leves (Figura 9).

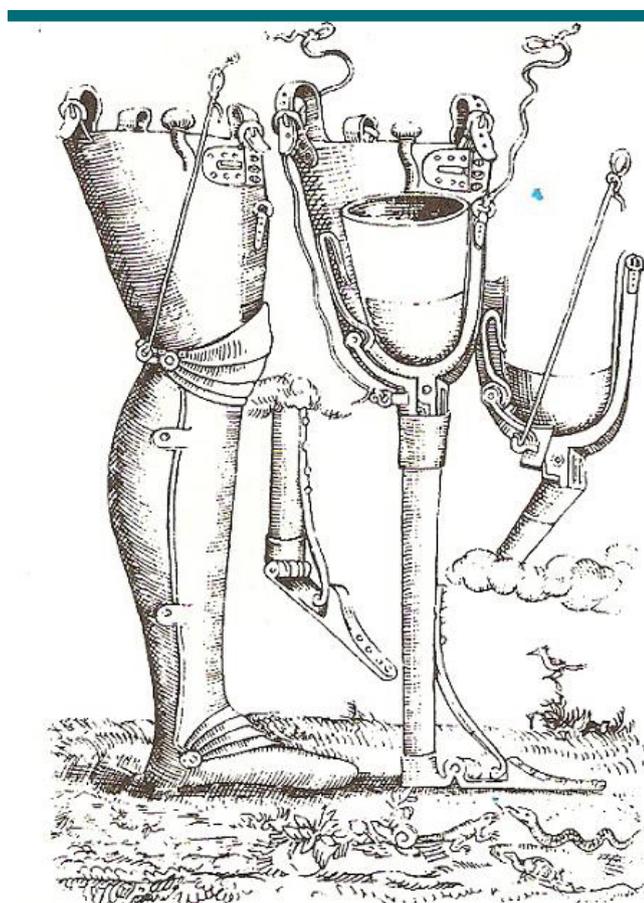


Figura 9 - Mecanismo desenvolvido por Ambroise Paré.
Fonte: Norton (2007)

Já a partir do século XVII, Pieter Verduyn desenvolveu a primeira prótese de joelho não fixa (Figura 10), utilizada posteriormente como modelo para o uso da prótese com cintas, aprimorando ainda mais este artefato. A partir disso, muitos outros fizeram novos dispositivos para facilitar a utilização e a maleabilidade das próteses, tornando os movimentos mais naturais. Tendões foram incluídos e,

novamente, principalmente por decorrência das guerras, muitos foram os esforços para tornar a vida dos amputados menos difícil (visto os traumáticos desafios enfrentados nos campos de batalha). Durante a Segunda Guerra Mundial, o governo americano fez um acordo com os militares para que se pudessem realizar efetivos avanços no desenvolvimento de novas próteses para os combatentes mutilados. Isso trouxe grandes inovações, dentre elas a utilização de plástico e do alumínio, o que proporcionou aos amputados o uso de instrumentos mais funcionais. (NORTON, 2007).



Figura 10 - Perna com primeiro joelho não fixo, por Pieter Verduyn.

Fonte: Norton (2007).

Atualmente, com o desenvolvimento das altas tecnologias, microchips, nanotecnologia e robótica, os resultados obtidos na confecção de próteses são muito similares aos membros naturais. A utilização de silicone e mecanismos cada

vez mais precisos proporciona maior qualidade de vida aos amputados, o que garante maior qualidade funcional e estética a esse utensílio.

Para finalizar a abordagem da história da prótese, vamos nos voltar para uma esfera mais particular: a realidade vivenciada pelos amputados no Brasil. Vê-se que toda essa tecnologia de ponta já disponível, paradoxalmente, não atinge a população que mais necessita, sendo essa a maior parcela dela.

2.2.3.4.2 Componentes de uma prótese de membro inferior

As próteses de membro inferior são compostas de “encaixe, articulações, tubos de conexão e pés.” (CARVALHO, 1999, p.91). O encaixe é responsável por acomodar o coto à prótese, sendo essencial que o cartucho respeite as formas corporais do indivíduo para evitar lesões decorrentes do uso; quanto mais ajustado for ao corpo do paciente, menores serão as reações adversas, possibilitando, assim, maior conforto ao indivíduo. Este componente tem a função de transferir a força exercida pelo usuário para o restante da prótese, de fixar o coto, de não comprometer a circulação sanguínea e nem de favorecer o atrofiamento do membro residual (LOURENÇO; CLEBSCH, 2012).

Para próteses transfemorais, há dois tipos de encaixes possíveis: o quadrilátero e a contenção isquiática. Aquele mais antigo e, em decorrência disso, um pouco mais limitado, ocasiona deslocamento lateral do fêmur, o que provoca mudanças no centro de gravidade do paciente (alterações de marcha para a realização da deambulação do paciente) e acaba forçando mais a coluna, podendo até ocasionar escoliose (Figura 11). Este tipo de encaixe pressiona o osso isquiático (Figura 12), já que todo o centro de força acaba concentrado nesta região. Em contrapartida, o modelo de encaixe (Figura 13), que começou a ser utilizado nas últimas décadas, proporciona melhor distribuição de força em todo o coto e traz ao usuário mais liberdade e controle muscular na execução dos movimentos (FAG, 2008).



Figura 11 - Modelo de prótese antiga com o tipo de encaixe quadrilátero.
Fonte: Acervo pessoal (2013)



Figura 12 - Seta aponta o osso ísquio.
Fonte: Aula de Anatomia (2013)



Figura 13 - Modelo de encaixe de contenção Isquiática flexível.

Fonte: Ortossintética, Tecnologia Assistiva

Os joelhos têm a função de dar ao paciente controle aos movimentos e segurança quando esse estiver em apoio estático. Esse componente é presente tanto nas próteses exo quanto nas endoesqueléticas, mas, no segundo caso, como menciona Carvalho (1999), há disponíveis no mercado diversos mecanismos de funcionamento, de acordo com o nível de tecnologia empregado e da aproximação ao movimento natural de deambulação proporcionado ao paciente.

Tubos de conexão não influem diretamente na funcionalidade da prótese e os pés acabam possuindo, na maioria dos casos, função de sustentação. Devido a isso, alguns usuários costumam não se familiarizar com esse aspecto formal do equipamento e acabam optando pelo uso de um revestimento feito de poliuretano que envolve esses tubos, material esse que simula o formato de um membro inferior, conforme dados adquiridos e observados na visita à APR. Muitos utilizam esse artefato quando usam calça, a fim de preenchê-la - como relatado pelos pacientes e descrito nos Apêndice A.

2.2.3.4.3 Tipos de próteses

Atualmente, muitas são as próteses disponíveis no mercado, que variam de acordo com o preço, função, estética, mecanismos de funcionamento e tecnologia empregada. As possibilidades de uso das próteses também se relacionam ao tipo de amputação sofrida, à qualidade e, conseqüentemente, à proximidade que essa possibilidade traz por meio da realização de movimentos iguais aos de um membro verdadeiro.

Um importante modo de diferenciar as próteses é por meio de sua estruturação, sendo divididas em dois grupos que serão analisados na sequência: próteses exoesqueléticas e endoesqueléticas.

De acordo com Carvalho (1999), as próteses exoesqueléticas normalmente são feitas de polímeros e possuem principalmente funções estéticas e de sustentação. Por serem mais simples e não possuírem mecanismos complexos, como nas próteses endoesqueléticas, elas proporcionam movimentos limitados e menos precisos, além de possuírem poucas opções e intercâmbio de componentes. Em contrapartida, podem ser utilizadas para qualquer tipo de amputação de membro inferior, além de possuírem maior resistência e mínima manutenção (Figura 14). São conhecidas popularmente como próteses convencionais.

Uma característica importante - e que distancia esse tipo de prótese do objeto de pesquisa - é o fato de a estrutura de sustentação da prótese já ser a própria carenagem. Isso torna mais complexa a personalização deste produto para atender aos requisitos anatômicos de cada paciente. Neste caso, seria necessário prover o porte físico do indivíduo no momento da confecção deste artefato e não posteriormente, como é no caso da endoesquelética.



Figura 14 - Prótese exoesquelética.
Fonte: Nadya Peek (2009)

Segundo Carvalho (1999), as próteses endoesqueléticas normalmente são feitas de titânio, alumínio e aço. Elas possuem diversos tipos de mecanismos modulares que exercem a função do joelho. Esses mecanismos são comercializados e possuem modelos de acordo com a tecnologia e benefícios de similaridade, ao compasso em que são empregados no andar. Além de proporcionar liberdade de movimentos, neste sistema a troca de peças é facilitada e não compromete a prótese. Elas só possuem limitação de uso quando se trata de amputações parciais do pé e do tornozelo. São superiores em qualidade, quando comparadas às próteses convencionais (Figura 15).



Figura 15 - Prótese endoesquelética.
Fonte: Ottobook (2006)

Traçando uma relação direta com a prótese exoesquelética, esta aqui possui as características adequadas ao fabrico de estruturas que simulam as características formais de cada paciente, que são aderidas à prótese pós-fabricação, que no caso é a carenagem, o objeto de estudo deste TCC.

Conforme pode ser visualizado a seguir, a espuma de revestimento é adquirida à parte. O paciente informa a APR que possui interesse em obter a estrutura protetora e, na sequência, ao final do processo de montagem da prótese, é feita, artesanalmente, a lapidação desse material (Figura 16).



Figura 16 - Demonstração de como a espuma é aplicada a prótese.
Fonte: Centro Ortopédico (2013)

2.2.3.4.4 A prótese e a realidade brasileira

Segundo dados atualizados do IBGE (2010), realizados no Censo Demográfico, aproximadamente 24% da população brasileira (cerca de 45.623.910 cidadãos) possui algum tipo de deficiência, classificadas em quatro grupos distintos: visual, auditiva, motora e mental/intelectual. Destes, aproximadamente 7% do total possuem alguma dificuldade motora, ocasionada por alguma deficiência.

A partir da abordagem exposta por Carvalho (1999), as principais causas de amputações de membros inferiores são: problemas vasculares, traumáticos, tumorais, neuropáticos, por infecção, problemas de nascença e até mesmo erros médicos. Assim como diz Meyer et al (2003 apud CALDAS et al 2008, pg 25), estas amputações representam 85% do total, das quais 80% são de indivíduos que

possuem mais de 60 anos de idade - neste caso, as amputações são ocasionadas, principalmente, por diabetes. Em relação ao tipo de amputação dos membros inferiores, a maioria é transtibial, seguida por amputações transfemorais - não sendo relacionadas suas porcentagens (Figuras 17 e 18).

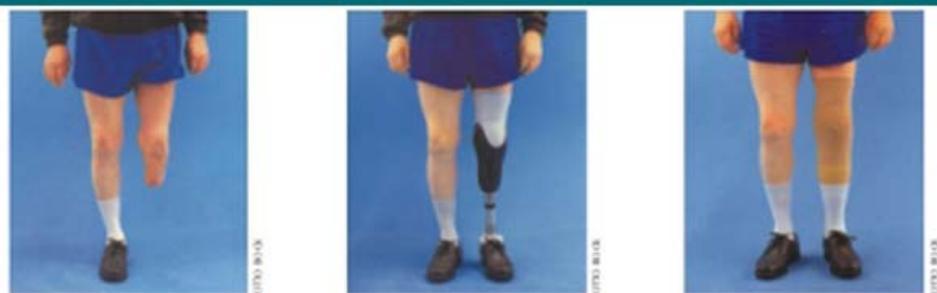


Figura 17 - Amputação e utilização de prótese transtibial.
Fonte: Ortopedia Americana (2011)

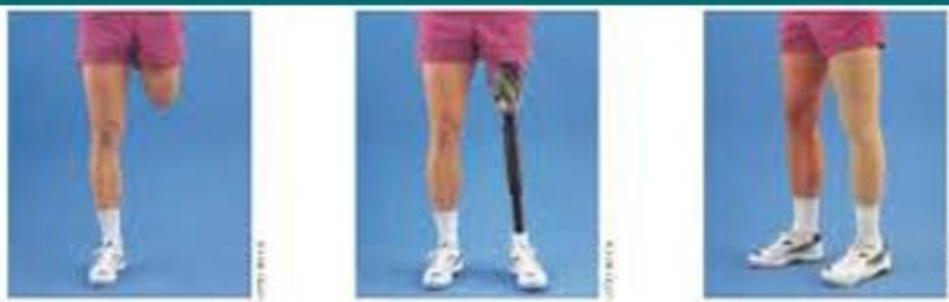


Figura 18 - Amputação e utilização de prótese transfemoral.
Fonte: Ortopedia Americana (2011)

O SUS, de acordo com o Gabinete do Ministério da Saúde (2009), é responsável por promover, gratuitamente, o direito à saúde a todo o cidadão brasileiro. Todo indivíduo amputado, tendo ou não condição financeira, possui o direito de receber uma prótese pelo SUS a cada 2 anos. Aqueles que não possuem a alternativa de adquirir esse equipamento por vias privadas, acabam recorrendo à prótese oferecida pela iniciativa pública, o que nem sempre é garantia de qualidade. Diante disso, uma parcela significativa da população brasileira é dependente desse sistema para ter acesso à saúde, o que resulta em consideráveis filas de espera, dependendo ainda da distância em que essas pessoas se encontram dos pólos de confecção desses artefatos.

Se a maioria dos brasileiros dependentes do SUS enfrenta uma qualidade de atendimento precária, a situação de quem precisa de atendimento para a obtenção de uma prótese não seria diferente. A demora para um paciente adquirir esse

artefato pode variar muito, sendo que não foi possível estabelecer um parâmetro para tal afirmação. Segundo informações concedidas em entrevistas (APÊNDICE A), a maioria obteve a prótese num prazo de quatro meses, considerando-se o pedido inicial realizado na unidade de saúde. Já outros chegaram a desistir do pedido por esperarem por muitos meses sem sequer ter recebido a visita de uma assistente social.

Outro fato importante é que estas próteses, assim como explanado pelo técnico da APR, já possuem um elevado custo por serem confeccionadas com os componentes da OTTO BOCK. Em determinados momentos, dependendo do repasse financeiro recebido pela instituição, as próteses acabam sendo confeccionadas com a certificação mínima necessária, o que pode resultar em produtos com menor conforto, fazendo com que os pacientes sofram lesões cutâneas devido à adaptação ao uso (LOURENÇO; CLEBSCH, 2013).

Há também aquelas próteses confeccionadas a partir de investimentos particulares. Para este tipo de iniciativa, o que há de mais moderno e avançado em desenvolvimento tecnológico está disponível no mercado, oferecendo ao usuário toda a comodidade e facilidade para a adaptação e durabilidade da prótese. Trata-se de produtos específicos para uma pequena porcentagem da população que, infelizmente, não reflete a importância de pesquisas focadas em desenvolvimento de próteses para as pessoas mais necessitadas.

Produtos de alta tecnologia, com vasta similaridade funcional ao membro perdido já estão no mercado e fomentam novos estudos e desenvolvimento, mas isto está longe de atingir os produtos oferecidos pelo SUS aos mais carentes. É necessário obter alternativas focadas não em itens inovadores e de última geração, mas em adequar meios de fabricação já existentes à realidade da confecção de próteses para fins públicos. Partindo deste princípio, tem-se por objeto de estudo aliar estes conceitos e tornar o acesso à prótese mais fácil, a fim de atender aos pacientes com mais agilidade.

Essa situação à qual os pacientes são submetidos – os traumas sofridos pelo paciente somados à baixa qualidade das próteses e um sistema lento para a obtenção do produto - gera uma esfera em que as desistências ao uso da prótese são habituais. Isso comprova a necessidade de pesquisas que possam gerar alternativas, diminuindo estes efeitos negativos.

2.2.3.4.5 *A prótese oferecida pela Associação Paranaense de Reabilitação em Curitiba*

Para o projeto de pesquisa, foi necessário realizar visitas à APR, instituição responsável pelo fabrico de próteses e órteses no estado do Paraná, para conhecer a metodologia empregada na elaboração dos produtos por eles oferecidos.

A Associação Paranaense de Reabilitação é uma instituição sem fins lucrativos, com 53 anos de existência dedicados na tarefa de tratar a pessoa com deficiência físico-motora. Quando criada, em 1º de Maio de 1958, pelos membros do *Lions Club* Centro - Curitiba, era a única instituição do estado a oferecer atendimento médico gratuito a vítimas da poliomielite – a paralisia infantil. Mesmo após a doença ser erradicada no Brasil, muitos são os motivos para que o trabalho da APR continue. (APR, 2013)

A instituição é composta por uma fábrica ortopédica e de cadeiras de rodas, além de elaborar vários materiais pertinentes a essas duas ramificações de equipamentos assistivos, destinados às pessoas com “necessidades especiais” (SASSAKI, 2006), para que elas “desempenhem suas atividades e levem uma vida normal, com mais conforto e praticidade.” (APR, 2013).

Atualmente, no Paraná, existem três regionais responsáveis pela produção de próteses e órteses, mas isso não impede que alguns casos possam vir a ser tratados em uma central diferente da localidade onde o paciente habita. Segundo o técnico responsável pela área de produção das próteses na APR (APÊNDICE D), a associação supre toda a demanda por próteses e órteses da região de Curitiba. Além do SUS, também são confeccionados equipamentos para consultórios particulares. O profissional esclarece que as peças mecânicas das próteses não são confeccionadas pela instituição e que todos os modelos oferecidos pela entidade, em convênio com o governo, são importados da empresa alemã OTTO BOCK, referência mundial no segmento de próteses por desenvolver produtos de alta qualidade, ou então por uma similar nacional, a Polior. De modo geral, há a preferência de adquirir mecanismos da empresa estrangeira, pois são mais duráveis e de qualidade mais elevada, mas isso varia de acordo com a verba disponível pela Associação Paranaense de Reabilitação. Por se tratar de próteses oferecidas gratuitamente à população, os sistemas de funcionamento empregados são os mais

simples, mas, apesar disso, são os melhores no segmento ao qual pertencem. Para cada paciente que passa pela triagem dentro da APR, é concedido o tipo de prótese que supra suas necessidades. Em alguns casos específicos, quando o paciente justifica a indispensabilidade de uma prótese mais elaborada, a instituição tem a obrigação de disponibilizar esse artefato. Esse fato, explicado pelo técnico da APR, não é de conhecimento de boa parte da população; caso fosse, isso aumentaria significativamente a demanda e tornaria o custo de fabricação de prótese pela APR muito mais elevado. Contudo, apesar de utilizarem mecanismos mais simples para as próteses fornecidas para o SUS, o técnico explica que a instituição está apta a trabalhar com as mais variadas tecnologias existentes e disponíveis para atender qualquer paciente que busque assistência e que possa pagar pelo investimento.

Já a carenagem (material externo que simula o aspecto da perna humana) e o cartucho (componente da prótese que é encaixado no coto do paciente) são as peças que são efetivamente produzidas pela APR, cuja confecção se dá por um método artesanal. Conforme o relato do técnico, a extração do molde é feita diretamente no paciente da seguinte forma:

- Um pré-molde de gesso é feito no coto do paciente - processo semelhante ao de quando se quebra alguma parte do corpo. (Figura 19)
- O coto do paciente fica em contato com o gesso por aproximadamente uma hora;
- O pré-molde é retirado e, a partir desse negativo, é feita a parte positiva do molde; (Figura 20)
- Os ajustes no acabamento final são feitos manualmente, assim como todo o processo anterior;
- Com o molde do cartucho pronto, uma camada de um polímero específico para essa finalidade, o polipropileno, é conformado na peça através de sucção a vácuo. Esse polímero pode ser transparente para facilitar a visualização do coto dentro da prótese,
- Acabamentos finais que dão a tonalidade de pele à prótese são feitos posteriormente. (Figura 21)



**Figura 19 - Pré-molde retirado do coto do paciente.
Fonte: Arquivo pessoal (2013).**



**Figura 20 - Molde positivo para a confecção do cartucho.
Fonte: Arquivo pessoal (2013).**



Figura 21 - Cartucho final com acabamento no tom da pele.
Fonte: Arquivo pessoal (2013).

Como visto, o procedimento para a fabricação do cartucho é extenso e demanda várias etapas, onde a maioria é feita exclusivamente de modo manual. Por sua vez, a proteção para os tubos da prótese endoesquelética é oriunda de uma espuma que é adquirida em rolos e lapidada ao formato de um membro inferior (Figura 22), porém ela não dispõe de um acabamento fiel à realidade. Isso pode causar uma insatisfação no paciente que opta pelo uso desse material, pois, de acordo com os relatos dos entrevistados (APÊNDICE A), o indivíduo que faz questão de utilizá-lo provavelmente se encontra em um estágio inicial da amputação. Dessa forma, quanto mais próximo for à aparência a um membro real, melhor será sua aceitação em usá-lo. (Figura 23)



Figura 22 - Espuma para proteção dos tubos da prótese.

Fonte: Arquivo pessoal (2013).



Figura 23 - Prótese com a proteção.

Fonte: Arquivo pessoal (2013).

É possível perceber que há um padrão de comercialização deste tipo de material para essa finalidade. Não há variações de tamanhos que possam atender aos padrões estéticos que excedam determinadas dimensões, como pode ser visto durante a visita.

Para conseguir uma prótese, o paciente deve realizar o pedido em um posto de saúde do SUS. Em seguida, é realizada uma avaliação para averiguar o tipo de prótese que é adequada às necessidades do paciente. Feito esse requerimento do equipamento, o indivíduo entra em uma fila de espera até ser atendido para a confecção da prótese. Passado pelas etapas anteriores, o paciente é encaminhado para a realização de testes com o produto. Dependendo da região em que o paciente reside, o tempo de espera pode variar de três meses a dois anos - isso se a residência for localizada em Curitiba ou região metropolitana. Considerando esse tempo, o indivíduo passa por mudanças físicas que podem interferir diretamente no encaixe da prótese.

Na sequência, o paciente é encaminhado para a reabilitação, onde há todo um atendimento especializado em fornecer suporte fisio-psicoterápico, composto por profissionais capacitados da área da saúde que desenvolvem todo o acompanhamento necessário para que o paciente reaprenda a andar e consiga interagir, da melhor maneira possível, com a nova perna. Segundo relatos de entrevistados, a assistência fornecida pode não ocorrer, pois ela possui um espaço de tempo para ser realizada - visto a quantidade de pacientes que também necessitam de ajuda e aguardam na fila de espera. O paciente é assistido durante um período de aproximadamente noventa dias para que, caso necessário, possam ser feitas alterações na prótese.

Quanto mais tempo o paciente demorar a procurar assistência na APR, menores são as chances de uma adaptação rápida. Dessa maneira, o sedentarismo reduz as chances de se obter bons resultados na utilização da prótese, além de a falta do uso dos músculos também poder ocasionar o atrofiamento.

A visita à APR foi essencial para esclarecer pontos cruciais a respeito dos processos de fabricação envolvidos na elaboração de uma prótese. Também foi útil para obter uma visão completa de como é oferecido o atendimento à população e como se desenvolvem as etapas dentro do contexto geral. A partir disso, pode-se

começar a perceber como tecnologias alternativas podem vir a beneficiar a força de produção, de modo a tornar esse processo de fabricação mais eficaz e rápido. Em relação à tecnologia, mais adiante será descrita detalhadamente toda a sua metodologia e aplicação direta ao emprego da prótese. Já em relação ao paciente, que necessita desse atendimento, pretende-se, a partir das informações obtidas, elaborar uma análise mais detalhada, a fim de entender melhor suas necessidades e poder propor uma solução diferenciada, capaz de trazer uma melhor qualidade de vida para essa população.

2.2.3.5 A anatomia humana

Movimento é o meio pelo qual interagimos com nosso ambiente, seja simplesmente para fazer uma caminhada num parque, fortalecer os músculos fazendo supino com halteres, realizar um salto em altura numa competição de atletismo universitário ou fazer alongamento ou reabilitação de uma articulação lesionada. (HAMILL, 2008, p. 4)

Em busca da compreensão e da análise da interação do corpo humano com a prótese, procurou-se entender como funcionam e como se estabelecem as relações de movimento do membro inferior. Assim como define Hamill (2008), o movimento é essencial à manutenção da vida e trata do modo como nosso corpo se expressa em relação ao meio.

Para que se possam executar movimentos voluntários, é necessária a ação do sistema esquelético - responsável pela sustentação e proteção dos demais sistemas - em conjunto com o sistema muscular. Por meio das articulações, que essas duas estruturas são conectadas e juntas executam os movimentos: abdução, adução, flexão, extensão, circundação (FLOYD, 2002, p.20).

Os músculos realmente envolvidos na movimentação do quadril e da cintura pélvica dependem amplamente da direção do movimento e da posição do corpo em relação à terra e às forças gravitacionais. É preciso lembrar também que a parte do corpo que mais se move é a menos estabilizada. (FLOYD, 2002, p. 120)

Assim como descreve o autor, ainda a respeito das articulações do quadril, são sete os músculos biarticulares que promovem ação nessa mesma região do

corpo e que também estão relacionados ao joelho. O quadril tem função de promover liberdade de movimento aos demais membros do corpo, o que influi diretamente na relação com o membro inferior. É justamente por essa relação de estabilidade pertencente ao corpo que - quanto maior a distância do coto da região pélvica, mais fácil a adaptação a uma prótese - as consequências negativas na deambulação são menores.

Os músculos pélvicos que interagem com as articulações do quadril se dividem em duas regiões: glútea e ilíaca. Enquanto a glútea é composta por um total de dez (10) músculos - que juntos proporcionam o movimento de giro e extensão do quadril - a ilíaca, em menor quantidade, apenas três (3), é responsável pelos movimentos de flexão. Já a coxa possui três divisões musculares que se relacionam com as funções executadas pelos músculos: o compartimento anterior, contendo, no total, cinco (5) músculos; o posterior, que soma quatro músculos; e o compartimento medial, que agrega cinco (5) músculos e está diretamente ligado ao movimento de adução do quadril, o que pode ser visualizado na figura 24.

Em relação aos ossos do joelho (Figura 25), deve-se um destaque especial à patela, que é contida dentro de um grupo muscular e do tendão - o efeito possibilitado pelo movimento se assemelhando a uma polia. Enquanto os músculos da coxa proporcionam estabilidade dinâmica, a articulação e os ligamentos do joelho conferem estabilidade estática. Há dois ligamentos essenciais para a funcionalidade e equilíbrio rotacional anterior e posterior da articulação do joelho: os ligamentos cruzados anterior e posterior (que se interceptam dentro do joelho, entre a tíbia e o fêmur). Os músculos da coxa são os mesmos que descem em direção ao joelho e, ao executarem os movimentos, promovem a extensão e flexão (FLOYD, 2002).

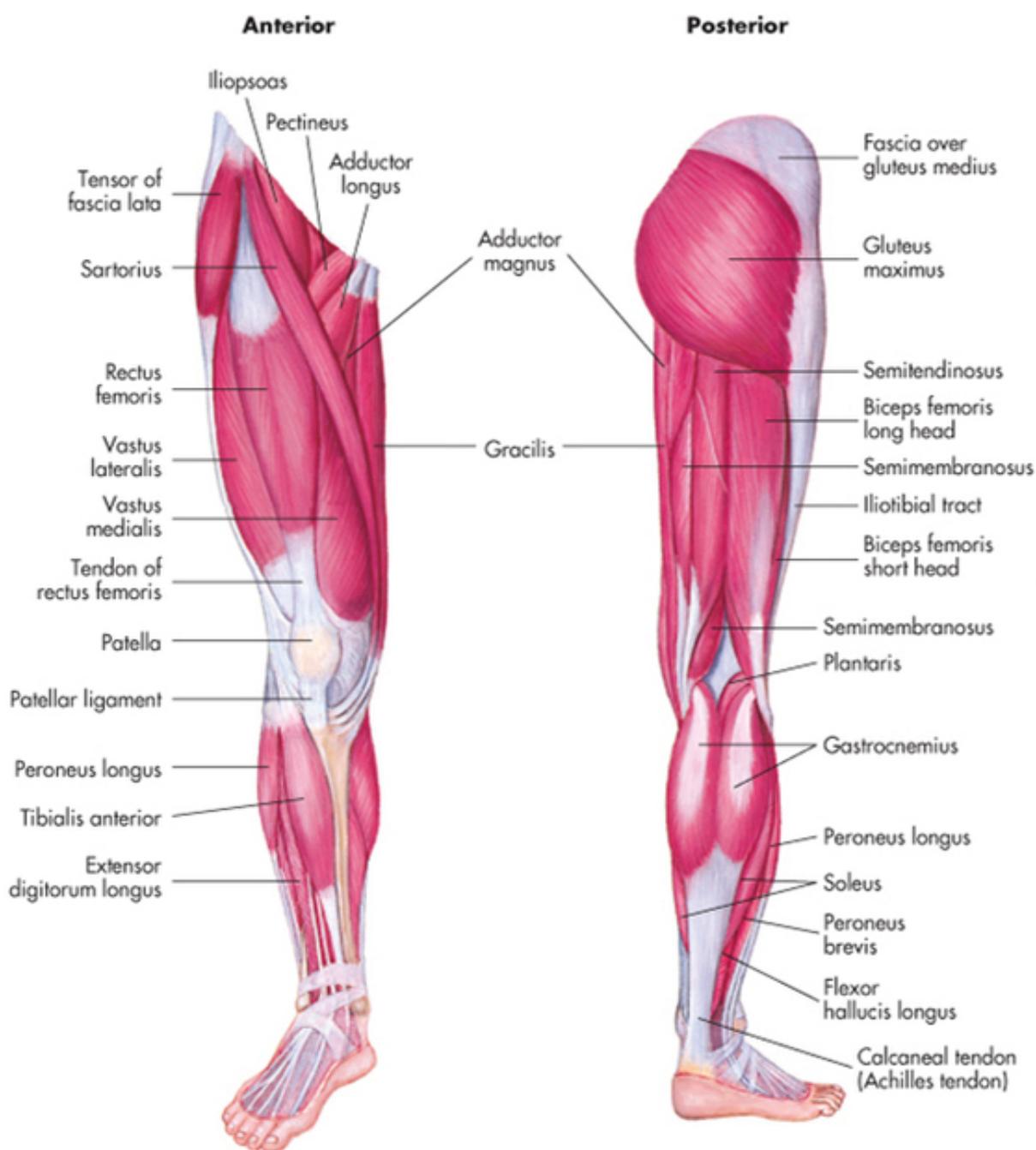


Figura 24 - Representação dos músculos da articulação do quadril e músculos pélvicos, responsáveis pelos movimentos do membro inferior.

Fonte: *Semiologia Ortopédica* (2014)

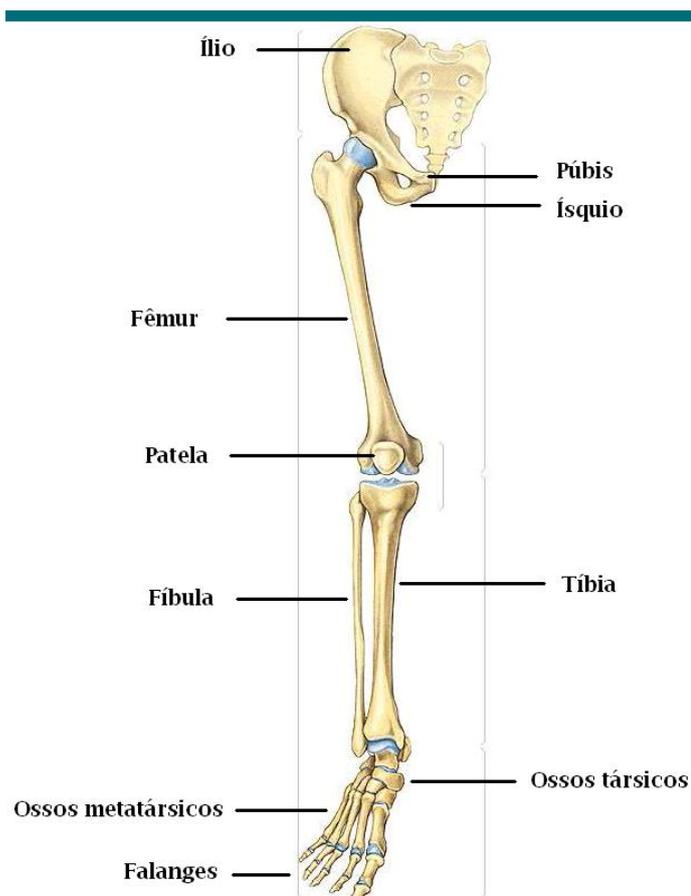


Figura 25 - Ossos do membro inferior.
Fonte - Professor Samuel Carvalho (2010)

Já os músculos que compõem a parte inferior do joelho se relacionam e promovem os movimentos da articulação do tornozelo e do pé.

Assim como expõe Floyd (2002), é em decorrência das articulações dos joelhos que os músculos da parte inferior possuem a liberdade de movimentação, e principalmente, de rotação. A flexão e a extensão ocorrem no plano sagital (movimento para frente e para trás), enquanto a rotação ocorre no plano horizontal. São dois ossos que fazem a ligação da parte superior do membro com os pés: fíbula e tibia. Os principais movimentos aferidos aos músculos da parte inferior da perna são realizados pelos tornozelos, enquanto o Gastrocnêmio e o Sóleo promovem a flexão e a extensão dos pés - a diferença entre os dois é que o segundo, para realizar o alongamento, necessita que os joelhos estejam ligeiramente flexionados. Já os músculos Peroneais Longo e Curto servem como suporte para atividades como correr e pular, pois ajudam a orientar o pé de modo a permanecer apontado sempre para a frente.

Alguns outros músculos também estão contidos nessa região do corpo, servindo de auxiliares para esses outros músculos descritos anteriormente, os quais representam boa parte da musculatura dessa porção. São eles: músculos extensor e flexor de hálux, músculos tibiais anterior e posterior, músculos intrínsecos do pé, entre outros, com menor grau de relevância nesta pesquisa.

Ao executar o movimento de subir e descer degraus, “um ciclo constitui o movimento do corpo” (HAMILL, 2008, pág. 197). Esse ciclo tem início quando um pé se retira de um degrau e repousa no outro, exercendo força complementar para a elevação do outro. Na descida ocorre o mesmo processo, porém reverso. Nota-se que, em ambos os casos, o membro se encontra em posição de total extensão para transportar força ao movimento posterior. Esse movimento é de suma importância na confecção de uma prótese, pois é o fator determinante que separa as próteses em categorias (em relação à eficácia da simulação do movimento). Se isso não for simulado adequadamente, comprometerá a deambulação do paciente, mesmo após a reabilitação. É importante destacar que as próteses oferecidas pela APR, em sua maioria, não oferecem ao paciente total controle de ações, como a de subir e descer escadas. Isso, como já detalhado anteriormente, acontece devido à verba pública disponibilizada, visto que o subsídio oferecido varia de acordo com a estabilidade econômica do governo e deve ser dividida entre todos aqueles que procuram atendimento durante a vigência do auxílio oferecido. Isso faz com que seja oferecido o mínimo necessário a cada paciente, de acordo com suas necessidades específicas. Desse modo, não se pode investir em compra de mecanismos mais caros para o joelho, pois esta peça já é adquirida da fornecedora alemã OTTO BOCK - algo que já acrescenta um alto custo ao produto final.

Dessa maneira, a compreensão do funcionamento dos músculos e de como esses interagem com a estrutura óssea é importante para entender como o simples movimento de andar é executado. Isso ajuda a entender como esses mecanismos biológicos são substituídos pela tecnologia e como o paciente amputado executa esses movimentos. Outros fatos considerados são como a justaposição da musculatura do membro inferior se relaciona e de que modo isso poderia influenciar na lógica utilizada para elaborar o modelo 3D (tridimensional) - se já existia algum padrão ou sistema que caracteriza a forma da perna em relação à sustentação muscular. Diante dos estudos realizados, pode-se perceber que não há um critério

para o tipo de procedimento que se tem por objetivo atingir. Não há teorias que tratem de segmentações longitudinais no membro inferior, mas isso será abordado mais adiante, no item 2.3 (que trata da execução do projeto), no qual serão somadas todas as áreas de conhecimentos exploradas durante a fundamentação teórica, utilizadas para o desenvolvimento da tecnologia proposta inicialmente.

Desta maneira, após tratar de como os componentes do corpo humano interagem para realizar os movimentos, é preciso compreender como esse mesmo mecanismo biológico interage com o espaço à sua volta e como os objetos se utilizam dos contornos corporais para oferecer maior facilidade de interação com o seu usuário. Além disso, é importante entender conceitos e regras de como estabelecer medidas e parâmetros básicos para avaliar a estrutura física humana.

2.2.3.6 Antropometria

A ergonomia foi desenvolvida para impor padrões de relação entre o usuário e o artefato. A ergonomia física estabelece noções de relevância quanto à atividade física exercida, de modo que o indivíduo se relacione com o meio ao seu redor de forma segura. Dentro desse ramo, tem-se especificamente a antropometria - que é a referência teórica para definir os conceitos de medições do corpo.

lida (2005) define o termo *Antropometria* como as medidas físicas do corpo humano. Tendo em vista que uma população possui biotipos diferentes, o recolhimento dessas medidas é feito com o auxílio de equipamentos específicos para medições do corpo. São duas as formas de recolher essas informações: a direta e a indireta. A forma direta é feita com trenas, réguas, esquadros, fitas métricas, entres outros materiais de medição, enquanto a medição indireta é realizada, geralmente, através do uso de fotos do corpo contra uma “malha quadriculada” (Figura 26).

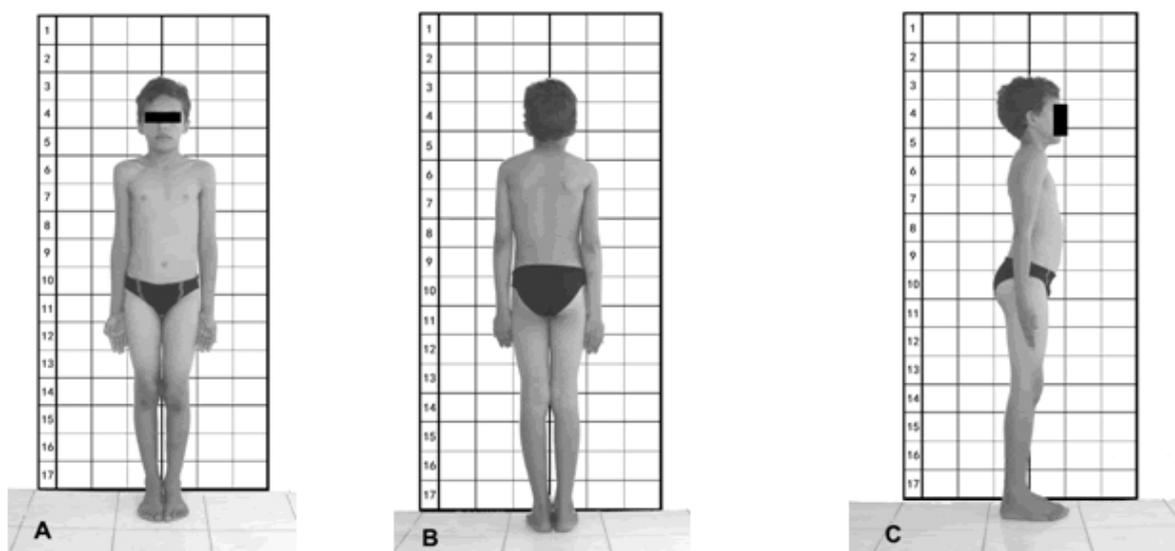


Figura 6A: Avaliação postural (A) Plano coronal anterior

Figura 6B: Plano coronal posterior

Figura 6C: Plano sagital

Figura 26 - Medida antropométrica pelo modo indireto.

Fonte: Magalhães (2012)

De acordo com Baxter (2000), entretanto, “o maior problema da antropometria não é encontrar os dados, mas saber como aplicá-los.” (BAXTER, 2000, p. 178). Saber exatamente como reunir essas referências e a sua finalidade é apenas uma parte do processo, pois é a aplicação correta desses dados que definirá um resultado satisfatório para o projeto.

Em contrapartida, Lida (2005) sugere que se trabalhe com medidas antropométricas já estabelecidas por meio de padrões, pois isso facilita o cálculo. No caso de fazer um levantamento antropométrico específico, necessita-se definir exatamente os pontos do corpo dos quais serão retiradas as medidas, indicando as ferramentas e o método de medição. Essa referência de pontos de medição pode ser feita a partir de um ponto específico, que pode ser tanto no próprio corpo quanto através de alguma marca na parede ou no chão. A escolha das amostras da população pode ser feita de modo representativo dentro do universo a ser pesquisado.

Uma das vertentes da antropometria é a cineantropometria, termo que consiste no estudo das medições do corpo. Essa nomenclatura foi empregada oficialmente no Congresso Olímpico de 1984, como descrito por Böhme (2000).

Essa vertente abrange, especificamente, as características morfológicas do ser humano, como peso, maturidade física, proporção e dimensões, entre outros fatores mais específicos ao exercício físico que não são relevantes a este estudo.

Essa área está subdividida em três biotipos, que podem sofrer variações de acordo com “a etnia, sexo, idade, hábitos alimentares, entre outros fatores.” (GOMES FILHO, 2006, p.78). São eles:

- endomorfo: indivíduos que possuem mais massa corpórea adiposa;
- mesomorfo: pessoas com o corpo mais definido muscularmente e que possuem baixo índice de gordura;
- ectomorfo: pessoas longilíneas (com membros inferiores e superiores finos), ou seja, que possuem uma massa adiposa mínima.

Raramente é encontrado um indivíduo que se enquadre em apenas uma dessas características. O que ocorre é a sobressaliência de uma delas em determinado organismo.

Após entender como se dá a retirada de medidas de membro inferior, pode-se traçar um paralelo direto com a fotografia, pois essa será a ferramenta utilizada para registrar os dados obtidos. Para isso, foram feitos registros fotográficos de voluntários, tendo ao fundo uma malha quadriculada que serviu de base para estabelecer as medidas corpóreas de cada indivíduo, sem que fosse necessário medir cada segmento do corpo de cada pessoa separadamente, utilizando fitas métricas ou qualquer outra forma de medição. É importante analisar como a fotografia pode vir a contemplar este propósito de prover medidas confiáveis para serem aplicadas ao modelo 3D. Isso torna interessante conhecer alguns conceitos básicos, como tipos de lentes e de câmeras que possam vir a ter melhor resultado (ou seja, com menos distorção do objeto fotografado e que ajudem a conceber um modelo virtual mais próximo do membro inferior real).

2.2.3.7 Fotografia

Como mencionado no item anterior, medidas antropométricas podem ser feitas indiretamente por meio do uso da imagem capturada de uma pessoa perante

um quadro quadriculado. É nessa definição estabelecida por Lida (2005) que se firma a vantagem do uso de câmeras digitais em relação a outro equipamento que possa mensurar o corpo humano, como o *scanner* 3D (visto que esse possui um valor de aquisição muito superior ao da câmera). Além disso, o transporte e a disposição de uma máquina fotográfica em lugares mais distantes viabiliza o deslocamento de pacientes amputados, de modo que esses, ao solicitarem a modificação em sua prótese, apenas forneceriam as medidas retiradas em sua própria cidade.

Sabe-se, também, que atualmente a fotografia é utilizada como elemento auxiliar em modelagens virtuais 3D e, com o intuito de obter as medidas do membro inferior com rapidez, praticidade e baixo custo, optou-se pelo teste da aplicabilidade do uso dessa tecnologia neste trabalho.

Com base nesses argumentos, é fundamental que se conheça a estrutura de uma câmera para só então manuseá-la. Hedgecoe (1996) afirma que tanto as câmeras mais sofisticadas quanto as mais básicas “possuem quatro componentes comuns: uma objetiva, uma abertura, um obturador e um visor.” (HEDGECOE, 1996, p.20). Já Miot, Paixão e Paschoal (2006) explicam que as câmeras digitais disponíveis no mercado basicamente são divididas em compactas e profissionais, e indicam que cada tipo deve ser usado de acordo com a experiência do usuário e a finalidade desejada. Esse segundo modelo é conhecido como Single Lens Reflex (SLR) e “geralmente são mais duráveis e permitem troca de objetivas e filtros, acoplamento de diferentes modalidades de flash” (MIOT, PAIXÃO e PASCHOAL, 2006, p. 175), o que o torna mais versátil (Figura 27).



Figura 27 - Exemplo de câmera SLR.
Fonte: Curso de Fotografia (2011)

De acordo com Almeida J. (2012, p.30), uma objetiva é composta entre seis e doze lentes. Sua função em um equipamento fotográfico é ajustar a forma, cor e foco durante o processo de captura de uma imagem. A característica principal que as distingue é a distância focal (medida em milímetros - mm): quanto maior essa for, “menor será a área visualizada da cena de interesse”. Conseqüentemente, o inverso disso resultará em uma imagem mais ampla e com mais conteúdo a ser fotografado. Essas objetivas encontram-se separadas essencialmente em três grupos: normal, grande angular e teleobjetiva, conforme demonstrado na figura 28. Na ilustração, é simulado o grau de alcance da captura dentro de cada grupo específico.

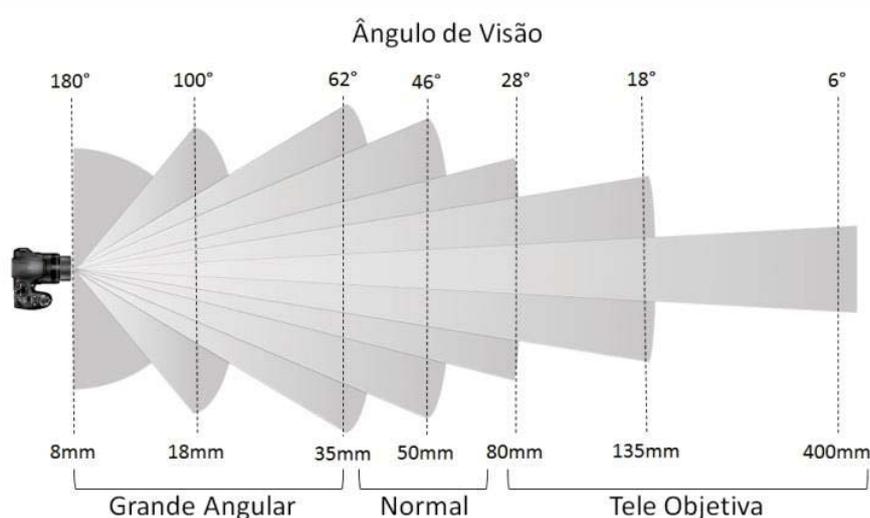


Figura 28 - Tipos de objetivas.
Fonte: João Almeida Junior (2012)

Hedgecoe (1996) e Almeida J. (2012) explicam que a distância focal normal, que vai de 35mm a 70 mm, é a que mais se assemelha ao ângulo de visão obtido por um ser humano. No que diz respeito à grande angular, normalmente encontrada entre 18 e 35 mm, é inclusa na área visual uma quantidade de informações maior do que a normal, o que torna seu uso bastante apropriado para fotos panorâmicas e de interiores. Já as teleobjetivas possuem uma amplitude de 75mm até 1200mm e são ideais para a captura de imagens em ambientes abertos - devido à característica de aproximar objetos distantes.

Em contrapartida, muitas vezes o ambiente não se mostra favorável para uma sessão fotográfica. As câmeras SLR possuem alguns recursos que auxiliam na adequação da imagem às necessidades do fotógrafo. Além da opção *automático*, na

qual a câmera, através de padrões definidos de fábrica, ajustará o aparelho à situação exposta, existem alguns métodos que podem ser modificados pelo próprio operador da máquina. São três os elementos que podem ser alterados manualmente: sensibilidade, diafragma e o obturador.

Sabe-se que adquirir conhecimento específico sobre uma determinada área leva tempo. A experiência para manipular uma câmera e entender os parâmetros necessários para realizar uma fotografia (no caso, utilizando um modelo de câmera SLR) são relativos para cada indivíduo, de modo que, para a realização deste projeto, há a necessidade de testar capturas de imagens com câmeras distintas e definir um modelo a ser utilizado. A partir disso, foram elaborados alguns critérios básicos para selecionar a objetiva correta a ser utilizada, já que essas colaboram para a minimização de erro ao determinar os valores dos dados que precisam ser retirados das imagens. Isso contribui para que o fotógrafo não precise ter conhecimento avançado sobre fotografia - basta apenas ter o equipamento correto em mãos e seguir os passos que serão definidos na concepção do projeto.

Antes de definir e executar os passos da metodologia desenvolvida, é necessário conceituar os estudos referentes à modelagem 3D – no caso, analisar como o desenho virtual facilita a realização dos projetos e como a aplicação de dados numéricos podem ser inseridos em um modelo parametrizado por meio de um *software*. A lógica utilizada pelo programa escolhido e a definição de alguns comandos básicos (que buscam contribuir para a solução do problema definido no escopo) serão mais bem detalhadas no tópico a seguir.

2.2.3.8 Tecnologia CAD e a modelagem 3D em SolidWorks

Não é de hoje que a modelagem 3D tem sido amplamente utilizada no desenvolvimento de estudos científicos como suporte para outras áreas. Para Foggiatto et al. (2007), este é um dos benefícios desse sistema, além de que o modo de construção dos modelos é facilitado, privilegiando simulações e prototipagem de forma mais rápida e eficiente. Além disso, esse método de trabalho facilita a compreensão formal e o detalhamento da peça concebida por meio dos

programas CAD (VOISINET, 1988).

A partir disso, busca-se delinear paralelos relacionados ao processo produtivo de outras áreas da saúde que já empregam a utilização desse tipo de representação, como, por exemplo, a confecção de implantes dentários e a reconstrução de tecidos. Dentre vários estudos que podem ser facilmente encontrados relatando este princípio, dois podem ser evidenciados (pois possuem uma grande abrangência de pesquisas nesse segmento): as dissertações de Bernardes S.R. et al. (2012) e Leal (2011).

A partir disso, Speck (2001) descreve um *software* modelador muito conhecido e amplamente utilizado: o SolidWorks® (SW). Este programa utiliza uma lógica de trabalho baseado em *features* e possibilita a parametrização de dados:

O significado técnico de feature pode envolver a função à qual um feature é utilizado, como ele pode ser produzido, que ações a sua presença deve iniciar, etc. Features podem ser pensados como 'primitivas de engenharia' relevantes a alguma tarefa de engenharia. (SPECK, 2001, p. 49)

A ideia contida nessa argumentação busca apenas definir que, a partir de uma estrutura primordial simples, as características são inseridas e transformadas, fazendo com que esses princípios distintos que dão forma ao bloco não precisem ter relação direta entre si – como, por exemplo, a inserção de furos e chanfros numa chapa. Esses dois atributos são inseridos na lâmina e a compõem, mas não são dependentes. Eles não se sobrepõem na modelagem, o que facilita a alteração de informações dadas a cada um desses comandos e faz com que eles possam ser editados isoladamente, mantendo associação apenas com a chapa. Isso é importante, pois ter claro o conceito do *feature* ajuda a ordenar a inserção das ações. A lógica da *feature* é lapidar a estrutura base, buscando sempre associar os comandos - que tendem a um nível de detalhamento maior - conforme são executados à forma primordial.

Já em relação à parametrização dos dados, o SW também privilegia a elaboração de modelos com grandezas mutáveis. Por meio de cálculos e associações matemáticas, admite-se atribuir valores específicos para determinados dimensionamentos relacionados, resultando na reestruturação automática do modelo padrão (SPECK, 2001). A parametrização pode ser definida como a ação de determinar parâmetros de configuração de um determinado sistema, cujos valores

determinam as características de acordo com sua necessidade. A modelagem sólida paramétrica permite que se criem modelos com dimensões variacionais a partir de um *sketch* matriz bidimensional (2D). Esses valores podem ser relacionados por meio de expressões matemáticas, permitindo a regeneração automática dos dados.

Contudo, cuidados devem ser tomados quanto à construção de elementos pelo sistema de *features*. Deve-se sempre modelar buscando como referência fundamental as estruturas mais simples, sendo elas planos e eixos de construção. Desta forma, torna-se mais facilitada a alteração da geometria, em pontos específicos, sem que isso interfira nas demais características inseridas no volume. Todos esses atributos são representados na *feature manager design tree*, a qual, como expressam Speck (2001) e Foggiatto et al. (2007), apresenta o sequenciamento e as informações de cada ação e possibilita alterar qualquer componente sem maiores prejuízos à estrutura geral do dispositivo. Esta ação minimiza erros e torna o arquivo facilmente editável, independente do quão avançada esteja a construção do modelo.

Esses mesmos autores acima citados apresentam outra condição importante: a capacidade de criar restrições dimensionais e geométricas, que tem por finalidade evitar que as propriedades se alterem quando editadas. Se isso acontecesse, poderia haver uma acumulação de erros entre planos, eixos, entidades, o que alteraria significativamente o resultado final.

Alguns dos comandos mais comuns utilizados para a criação de um sólido são: extrusão, revolução, *sweep* e *loft*. Esses dois últimos tem maior importância dentro do contexto do trabalho, pois suas funções dialogam com a questão de reproduzir formas mais orgânicas. Enquanto um “cria um sólido a partir de uma seção que percorre um caminho pré-definido”, o outro “constrói sólidos que contenham seções variáveis”.

Ainda sobre geração de superfícies, há outra ferramenta dentro do SolidWorks chamada *boundary surfaces*, conhecida em português como *superfície limitante*, que é descrita no site de suporte da própria companhia Dassault Systèmes que desenvolve o programa como:

The boundary surface feature lets you create surfaces that can be tangent or curvature continuous in both directions (all sides of the surface). In most cases, this delivers a higher quality result than the loft tool. Consumer

product designers and others who require high quality surfaces with curvature continuity can use this tool. (SOLIDWORKS, 2014)

Ou seja, assim com descrito anteriormente, por meio de tradução livre, uma superfície pode tanger ou ser contínua a uma curvatura em ambas as direções. Em vias documentais, fica difícil encontrar uma definição melhor para justificar o conceito deste comando, mas sua viabilidade fica muito mais clara quando aplicada a modelagem. Essa ferramenta propicia superfícies de melhor qualidade que o *loft*, pois há mais variáveis inseridas neste segundo comando, o que amplia a possibilidade de detalhamento e resulta em formas mais elaboradas. A escolha da superfície limitante para a execução da modelagem será mais bem detalhada posteriormente.

Como o foco do trabalho é, a partir de um modelo CAD, gerar uma programação que se possa transferir essas informações tridimensionais para um modelo físico, o próximo passo é conhecer a tecnologia que viabilizará esta conversão. Neste caso, o sistema de usinagem escolhido para concretizar este processo foi o controle numérico computadorizado. Na sequência, serão expostas brevemente sua história e informações pertinentes ao trabalho.

2.2.3.9 Comando numérico computadorizado (CNC)

Com o desenvolvimento tecnológico e o intuito de aprimorar os meios produtivos, durante e após Segunda Guerra Mundial, muitos foram os esforços para aplicar às máquinas operatrizes convencionais comandos numéricos. A demanda que exigia baixo custo de fabricação, maior agilidade, pequenos lotes de produção e resultados muito mais precisos e complexos foram determinantes para intensificar os estudos nesta área, já que esses não eram possíveis devido ao meios disponíveis em meados de 1900. Machado (1990), que explora o contexto histórico do avanço desse método, também apresenta um resumo histórico da evolução do Controle Numérico (Figura 29).

Metodologia do projeto de design	
Löbach (2001)	
1940	Mark I - Primeiro computador construído pela universidade de HARVARD e pela IBM
1949	Contrato da PARSON com a USAF para a fabricação de máquinas CNC
1952	Demonstração da viabilidade técnica com protótipo funcionando pelo MIT
1953	Desenvolvimento do sistema de programação pelo MIT
1956	Desenvolvimento das bases de linhagem APT, para a programação para CNC através do computador pelo MIT.
1957	Início da comercialização do CNC.
1957	ATA desenvolve a linguagem APT para os computadores IBM
1959	Primeira máquina com trocador automático com ferramentas IBM-ENDICOTT
1961	A EIA pública as normas RS 244
1962	A BENDIX desenvolve o comando adaptativo
1967	Primeiras aplicações do CNC no Brasil
1970	Aplicações dos primeiros comandos
1971	Fabricado no Brasil o primeiro torno CNC pela ROMI, com comando SLO-SYN
1977	Comando numérico com CNC usando a tecnologia dos microprocessadores
1980	Sistema flexíveis de aplicação em larga escala

Figura 29 - Cronologia de desenvolvimento do Controle Numérico
Fonte: Machado (1990)

Um dos objetivos desta aplicação técnica é “a não necessidade de gabaritos, cames, limites etc. e mesmo interferência direta do operador.” (MACHADO, 1990, p.19). A dinâmica proporcionada por esse dispositivo funciona da seguinte maneira, conforme salienta Gipiela (2004):

O CNC comanda as ações da máquina pela interpretação automática de instruções expressas por coordenadas cartesianas e funções pré-definidas no programa CNC. Esta interpretação refere-se à conversão dos dados numéricos referentes à peça a ser usinada, tais como: distância, ângulos, diâmetros e outros dados referentes ao processo. (GIPIELA, 2004, p.5)

Todas essas informações que contemplam os dados obtidos para a fabricação, que são transformados em códigos numéricos, são possíveis pela

utilização de uma programação pré-estabelecida, assim como caracteriza Speck (2001). É desse modo que a tecnologia CAM se inter-relaciona com o CNC. Muitos são os softwares de modelagem tridimensional que já trabalham com extensões facilmente intercambiáveis em formatos que executam a usinagem por meio do controle numérico. O computador não interage apenas decifrando os cálculos matemáticos dos programas de usinagem, mas também colabora com a interface homem-máquina, o *Man Machine Communication* (ou MMC), o que resulta em um melhor gerenciamento de informações e dados (GIPIELA, 2004).

Assim como já relatado anteriormente, algumas vantagens de usinagem são notáveis e particularizam o CNC. Seguem algumas dessas características expostas por Gipiela (2004):

- Elaboração de exemplares com geometrias mais complexas, tolerâncias otimizadas e melhor acabamento superficial;
- Reprodução seriada facilitada, independentemente dos fatores humanos;
- Redução da fadiga dos operadores, que passam a ser responsáveis apenas por tarefas de preparação, programação e controle de produção das máquinas;
- Possibilita a produção dos mais variados modelos prototipados, independente da quantidade de produtos por lote, sem que isso exija maior tempo de ajuste da máquina;
- Maior controle sobre desgaste e troca das ferramentas;
- Profundidade de corte perfeitamente controlável;
- Troca automática de velocidades;
- Rápido intercâmbio de informações entre os setores de planejamento e produção.

Esses fatores colaboram para a minimização dos custos e da mão-de-obra empregada. Máquinas com três eixos de usinagem podem executar movimentos nos planos X, Y e Z simultaneamente. O deslocamento propiciado por dois eixos ao mesmo tempo é conhecido por interpolação, podendo ser linear ou circular. O CNC utiliza o sistema cartesiano como base, apresentando os quatro quadrantes e tendo, entre eles, o ponto de origem, que atribui valores negativos e positivos para um lugar no espaço. A partir disso, a programação assume um algoritmo para cada

coordenada e atribui uma posição para a máquina realizar o corte na matéria-prima, como expõe Machado (1990).

Vale frisar que esse tipo de tecnologia se aplica a um determinado fim, a um segmento específico de trabalho, havendo muitos outros meios de realizar a prototipação de peças, com qualidade e características que atendam à necessidade à qual se destina, assim como destaca Machado (1990). Por não ser um conceito técnico facilmente acessível (por questões econômicas) e visto que, quanto mais eixos de usinagem, maior será a capacidade e complexidade dos modelos usinados, há outras possibilidades de conceber projetos, com viabilidade técnica distinta.

2.2.3.10 Poliuretano

Descoberto pelo alemão Otto Bayer em 1937, o Poliuretano é considerado um dos mais versáteis polímeros da atualidade. Na época de seu descobrimento, o composto não obteve muito sucesso, o que acabou incentivando seu criador a estudar minuciosamente as possíveis aplicabilidades do material e tornou esse polímero um dos mais usados hoje em dia. (BAYERS JOVENS, 2012) (Figura 30).

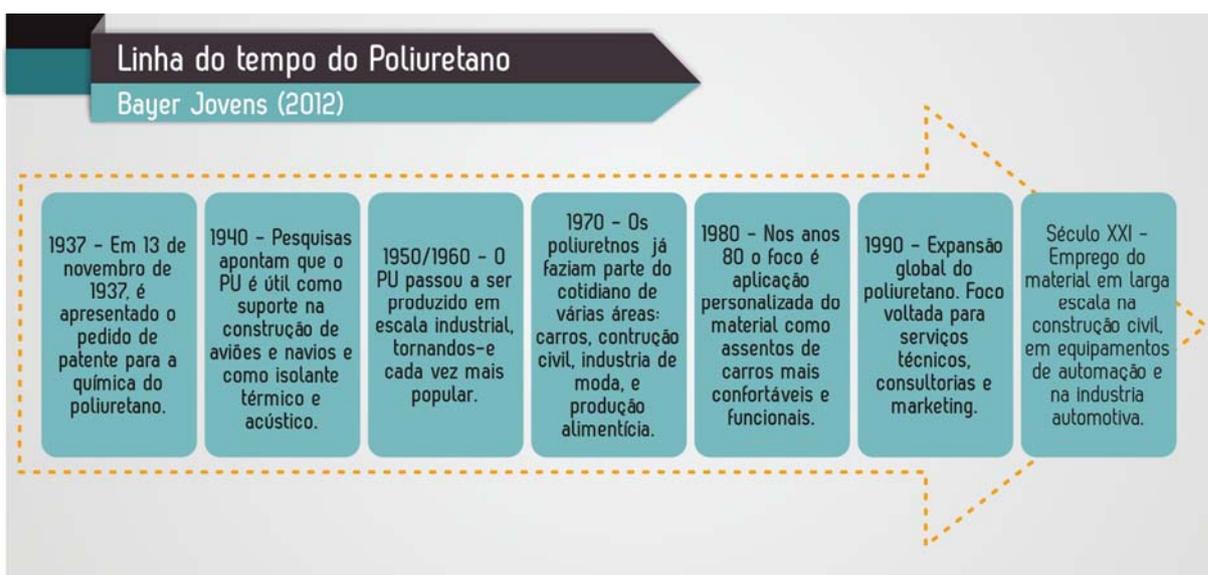


Figura 30 - Painel da evolução do Poliuretano desde sua criação.

Fonte: Bayers Jovens (2012) (adaptado)

O resultado da mistura dos componentes Isocianato e Polioliol (quando exposta

à manifestação de propriedades químicas de vários reagentes diferentes) confere uma gama de características que ressaltam a viabilidade do uso do PU em diferentes segmentos. Alguns desses atributos, de acordo com Plásticos Ruceal (2014) e confirmado por Wiebeck e Harada (2005), consistem em:

- Resistência a impactos;
- Atinge altas temperaturas (até 100° C) sem sofrer deformidades;
- Resistência ao rasgo (corte) e à sua propagação;
- Boa resiliência e usinabilidade.

Ainda dentro do campo das propriedades relevantes desse polímero, é notável seu baixo custo de processamento. Também "possui alta resistência à tração e compressão e é ideal na produção de peças que exijam grande durabilidade" (WIEBECK; HARADA, 2005, p. 276).

Outra característica é a leveza proporcionada pela baixa densidade do material. O poliuretano expandido possui boa resistência mecânica, suportando grandes cargas de tração e compressão, podendo em alguns casos substituir a madeira. (NASCIMENTO, 2005, p. 45)

Conforme ressalta Nascimento (2005), o Poliuretano se torna maleável quando usinado e, devido a essa característica, ele foi escalado para ser a matéria-prima do teste de validação da proposta deste trabalho. Isso possibilitará obter um tempo de trabalho da máquina CNC relativamente menor ao uso de outro material, como, por exemplo, a madeira.

2.3 CONCEPÇÃO DO PROJETO

Depois que, na primeira fase do processo de design, se analisa o problema com seu entorno, na segunda fase são geradas as alternativas para o mesmo. É a fase da produção de idéias baseando-se nas análises realizadas. (LÖBACH, 2001, p.150)

De acordo com as fases estabelecidas por Löbach (2001), a segunda é a referente à geração de alternativas. Especificamente dentro deste projeto, não há uma criação de possíveis soluções, conforme o autor sugere "gerar a maior

quantidade possível de alternativas” (LÖBACH, 2000, p.50). Na verdade, pela proposta inicial, o que se pretende é, por intermédio do *software* escolhido para a modelagem 3D (o SolidWorks), poder fornecer suporte para a aplicação de dados variados. Devido ao processo como um todo (desde a captura de imagens de membros inferiores, passando pela modelagem de um modelo padrão, até a usinagem final), decidiu-se que esta fase encaixa-se melhor à concepção do projeto. Fica evidente que as soluções foram geradas por meio da comparação entre duas ou três alternativas plausíveis, de acordo com a disponibilidade técnica acessível, e a partir delas foram tomadas as decisões projetuais.

Para melhor ilustrar o processo, tem-se no infográfico as referências visuais de como se deu o método utilizado para realização do projeto, pautado no referencial teórico descrito anteriormente (Figura 31).

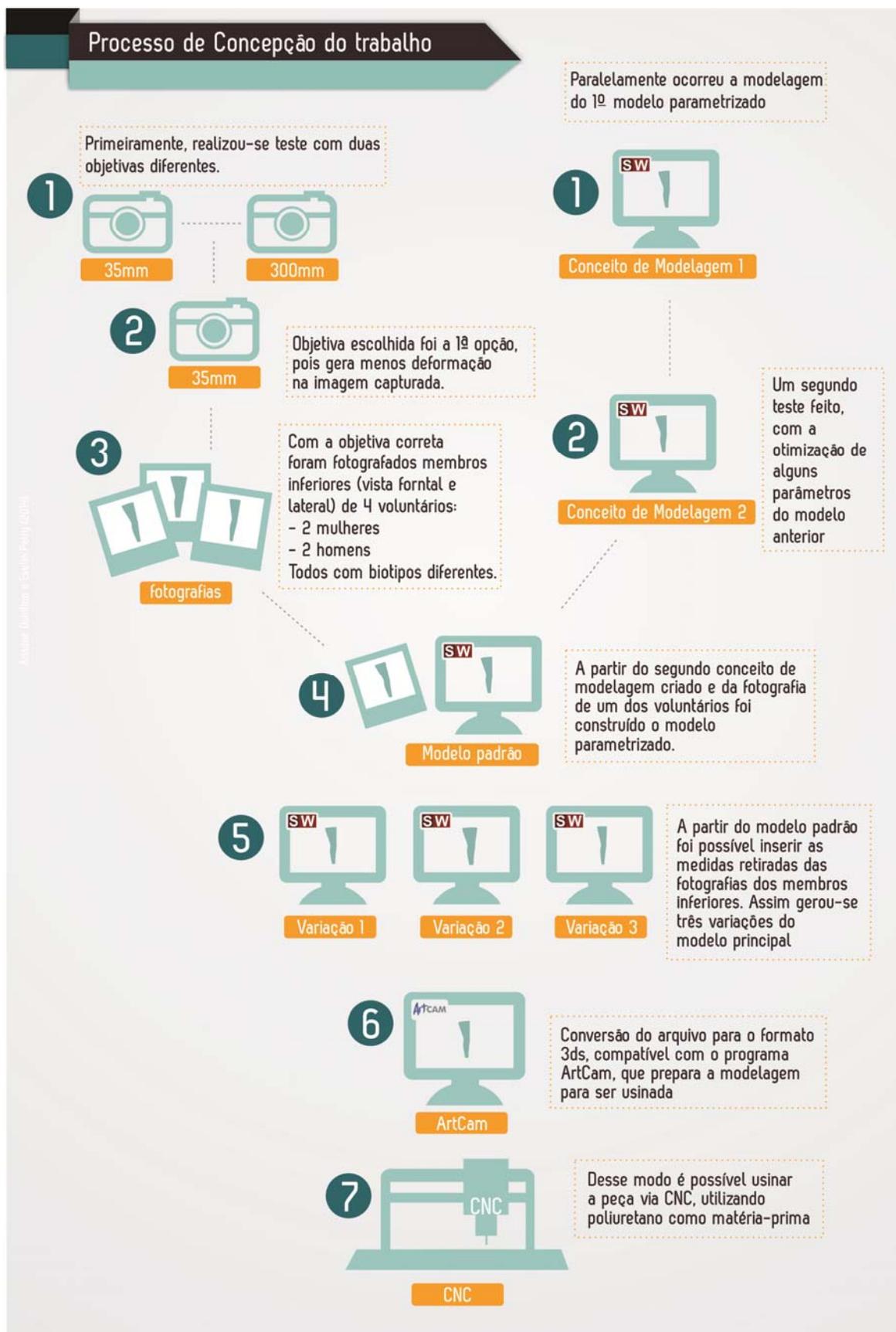


Figura 31 - Infográfico que representa o processo de concepção e realização do projeto.
Fonte: Autoria próprio (2014)

2.3.1 Descrição do Registro Fotográfico

Inicialmente, como levantado pela pesquisa teórica, uma das melhores formas de retirar medidas do corpo humano é pelo emprego da malha quadriculada. Dessa maneira, foi diagramado um modelo que compreendesse a dimensão formato A0 (841 × 1189mm), sendo ela suficiente para atender ao percentil que compreende 95% da população. O painel foi subdividido em quadrados de 100mm de lado e, por fim, seccionados a cada 25mm, como mostra a figura 32.

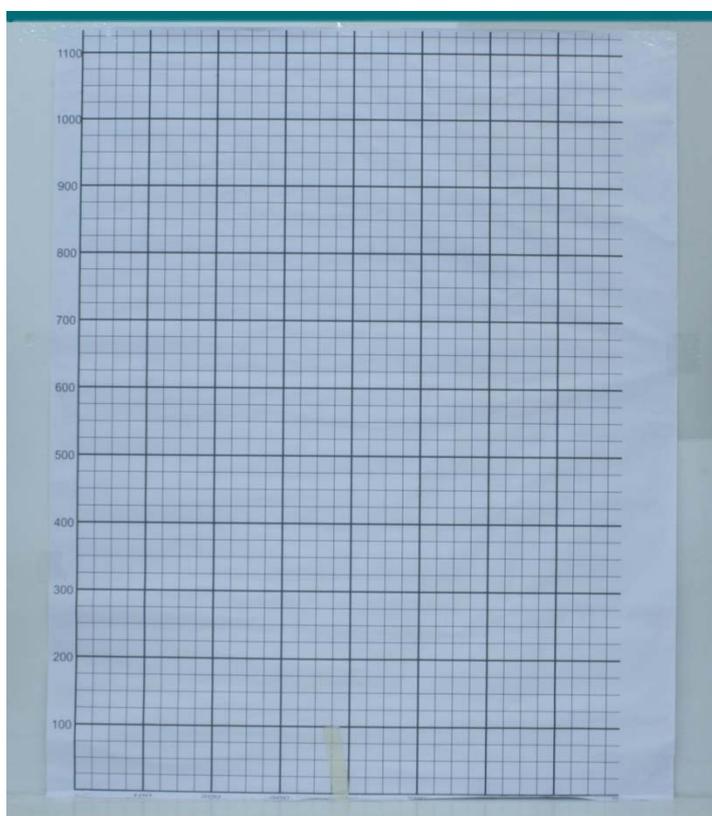


Figura 32 - Painel quadriculado.

Fonte: Aatoria própria.

Entende-se que, para averiguar a eficiência dos parâmetros aplicados no modelo virtual, necessita-se de pessoas com morfologias distintas e que mantenham essas relações ao pares, distribuídas por gênero. Deste modo, procurou-se assegurar um resultado mais confiável e que buscasse compreender uma amplitude de aplicações para o modelo virtual (visando averiguar a irrefutabilidade da proposta). Assim sendo, os critérios de seleção partiram dos seguintes princípios:

- Os modelos deveriam ser do sexo masculino e feminino, visto os aspectos físicos distintos;

- A massa corporal do indivíduo;
- Estatura diferenciada

Dessa maneira, foram escolhidos quatro cooperantes que se dispuseram a participar dessa etapa do projeto por livre e espontânea vontade. Não há necessidade, nesta fase, de que o fotografado seja um amputado, em razão de que a preocupação final desta pesquisa é a avaliação posterior de um modelo usinado com as medidas do membro real.

Para iniciar o processo de registro das imagens dos membros inferiores, foi preparado um espaço onde houvesse uma boa iluminação. Não foram usadas luzes especiais ou um estúdio fotográfico específico. Com base na ideia original, as fotos foram obtidas num ambiente que fosse o mais simples possível, a fim de que os mesmos passos possam ser reproduzidos por pessoas com um nível técnico básico em relação ao assunto. Em uma parede, foi fixado o painel quadriculado, de modo que esse mantivesse uma ortogonalidade ao chão com o mínimo de desvio possível. Quanto aos voluntários, foi estabelecido que todos usassem uma calça justa preta tipo *legging*, a fim de criar um contraste com o quadro e facilitar a retirada de medidas.

Feito isso, deu-se início à sessão fotográfica com duas objetivas diferentes: uma normal e a outra teleobjetiva. Como relatado na pesquisa teórica, sabe-se que a objetiva que mais se aproxima do olhar humano é a normal. O uso da segunda opção foi para constatar que a utilização da primeira era a mais adequada à proposta do projeto. As máquinas foram encaixadas a um tripé, ajustado na altura que nivelasse a máquina ao joelho do modelo

Primeiramente, realizou-se um teste com a distância focal de 300mm. A inviabilidade do uso desta firmou-se devido ao grande espaço em que o equipamento teve de ser colocado para que fosse possível o enquadramento do membro inferior. A câmera de modelo Nikon D70 foi posicionada a 5,7 metros de distância para registrar a fotografia. A postura da pessoa foi constantemente monitorada para que se obtivesse o melhor ângulo possível. Foram tiradas fotos dos quatro lados do membro, embora fossem suficientes imagens da visão frontal e lateral para mensurar essa parte do corpo. Vale ressaltar que o uso das medidas do

membro esquerdo ou direito não interfere no resultado final, visto que para um amputado unilateral isso é indiferente. No caso de uma amputação bilateral, onde ocorre a perda dos dois membros, a sugestão seria a adaptação do modelo digital padrão à estatura e estrutura corporal do indivíduo.

Com a objetiva 35mm acoplada a uma Canon EOS Digital Rebel XT, foi realizado o mesmo processo que o da teleobjetiva, porém nesta avaliação o posicionamento em relação ao objeto ficou a 1 metro. Essa distância se justifica pela distância focal desse equipamento, que possui maior proximidade com o ângulo da visão humana. Dessa maneira, não foi preciso afastar muito a câmera do objeto fotografado, o que garantiu o uso desta objetiva com os outros três indivíduos.

2.3.2 Desenvolvimento do Modelo 3D Parametrizado

Paralelamente ao processo de registro dos membros inferiores, ocorreu a concepção do modelo 3D. O desenvolvimento desse modelo se deu com o intuito de demonstrar que, através de uma modelagem padrão da estrutura de um membro inferior e da inserção de dados, é possível caracterizar a anatomia de cada indivíduo e gerar modelos virtuais que se assemelham a pernas reais. A partir disso, pode-se segmentar essa peça e usiná-la em CNC - dentro das diretrizes básicas que limitam a máquina disponível.

A princípio, a primeira estrutura de perna modelada compreendia a utilização de imagens médicas de um paciente, disponíveis na biblioteca virtual de imagens médicas OsiriX. As imagens médicas são obtidas através de uma tomografia computadorizada. No processo de tomografia, é feita uma varredura no paciente, no qual o equipamento escaneia seu corpo em 3 diferentes planos (axial, sagital e coronal) “fatiando” digitalmente o mesmo e salvando essas fatias no formato universal de imagens médicas DICOM, que são uma espécie de fotografias das fatias obtidas. Para conversão dos arquivos DICOM em uma geometria tridimensional, foi utilizado o programa InVesalius, que gera o volume somando as fatias umas as outras e o salva em formato STL (STereoLithography, um formato comumente empregado na prototipagem rápida). A geometria tridimensional gerada

apresentou pequenos erros de construção, como a presença de furos e granulos em sua superfície. Para otimizar a mesma e permitir ser mais uniforme, foi utilizado o programa DS CATIA, que permite a correção através de recursos de “alisamento” (*smooth*). Após isso, a geometria foi enviada para o programa DS SolidWorks, onde foi parametrizada.

Em seguida, a perna foi seccionada em 20 segmentos verticais (Figura 33) e, a partir das seções transversais das áreas delimitadas pela perna, foram criadas *splines* a cada superfície em duas interseções (Figura 34). Em cada ponta das *splines* foi projetado um polígono regular, que mantinha as duas medidas das *splines* iguais e restritas. De forma genérica, *splines* são linhas que podem ter seu formato alterado de acordo com a quantidade de pontos que são inseridos em sua extensão (SOLIDWORKS, 2014). Isso significa que, após alterar um determinado ponto contido nesse segmento, ele terá, por cálculos matemáticos, sua forma modificada - considerando os pontos inseridos antes e depois deste. A partir disso, qualquer valor que fosse atribuído a uma dessas linhas seria automaticamente repassado para a outra, criando, assim, uma única proporção tanto lateral quanto frontalmente. Dessa maneira, foram atribuídas cotas dimensionais aos segmentos obtidos e, com isso, pode-se criar uma tabela para inserção de dados (Figura 35).

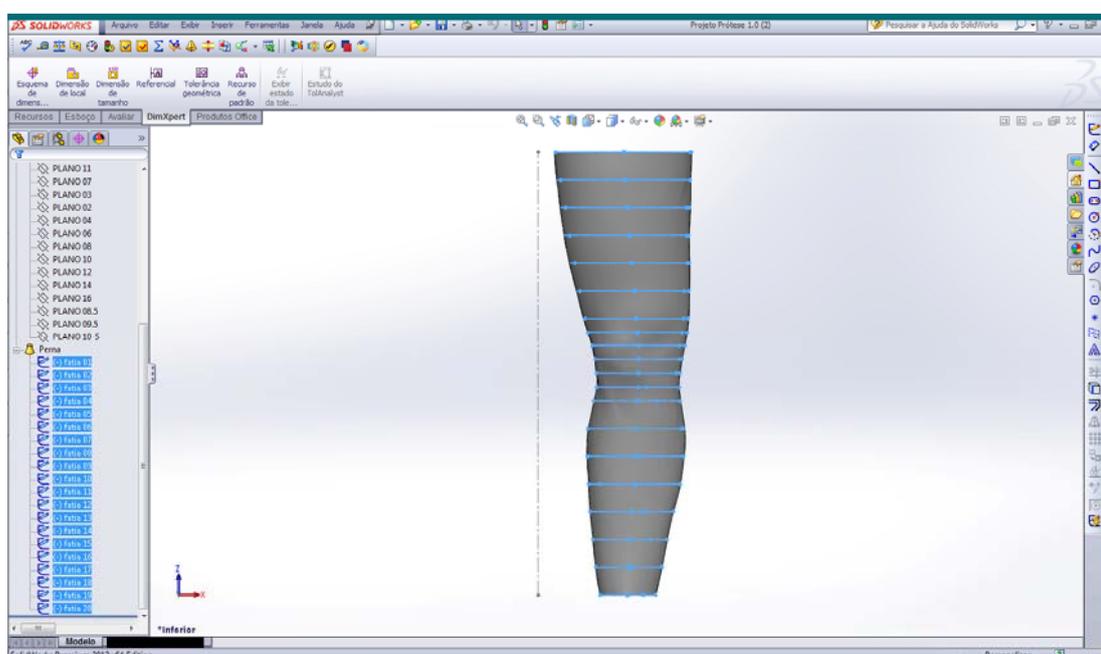
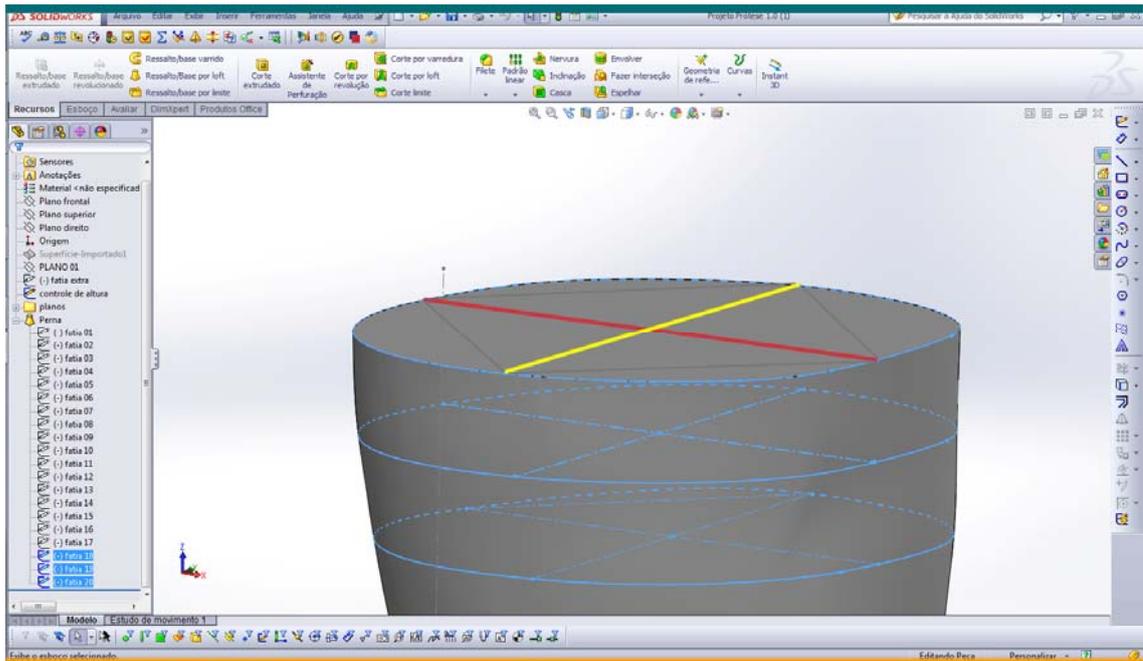
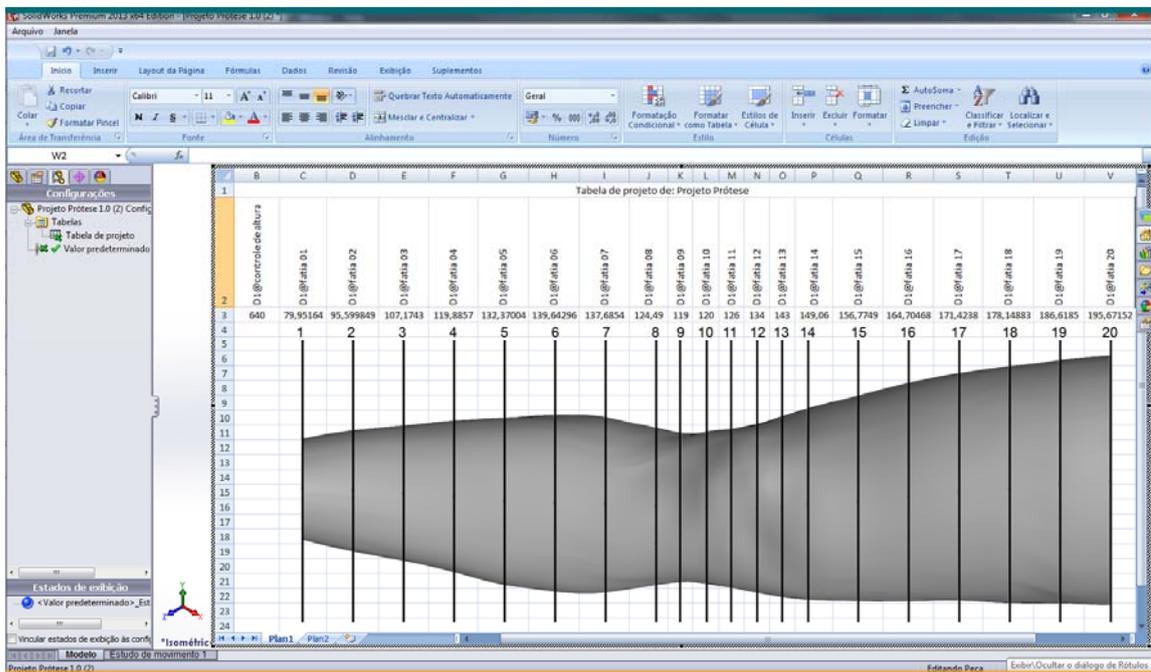


Figura 33 - Modelo da perna contendo os 20 segmentos verticais.

Fonte: Autoria própria (2014).



**Figura 34 - Detalhe entre duas secções mostrando onde se localizam as *splines*, em vermelho e amarelo - as duas possuem o mesmo tamanho.
Fonte: Autoria própria (2014).**



**Figura 35 - Tabela de inserção de dados variados.
Fonte: Autoria própria (2014).**

Diante dos desafios encontrados pelo estudo anatómico, é possível reconhecer e identificar os músculos e ossos que estruturam o corpo humano. A

partir disso, pode-se também perceber que, diante da diversidade morfológica dos indivíduos, fica difícil estabelecer padrões para segmentar um modelo partindo-se exclusivamente da musculatura - que difere da estrutura óssea, a qual acabou sendo o parâmetro utilizado. Todas as pessoas possuem essa estrutura de sustentação, a qual possui menos variação formal.

Sobre a musculatura, assim como esclarece o professor Oslei de Matos³ (APÊNDICE E), não há como determinar como essa irá se comportar. Sabe-se apenas as funções que exerce, mas cada ser humano a desenvolve de um modo distinto (devido aos fatores externos e genéticos), apesar da composição muscular ser idêntica tanto feminina quanto masculina. Tendo esse conhecimento evidente, a quantidade de cortes realizados na estrutura foi completamente experimental.

Após a realização de testes com essa modelagem, novas questões foram levantadas, pois os resultados não cumpriram a meta e não puderam utilizar a parametria empregada neste método para conceber uma estrutura similar a de um modelo pré-definido (Figura 36).

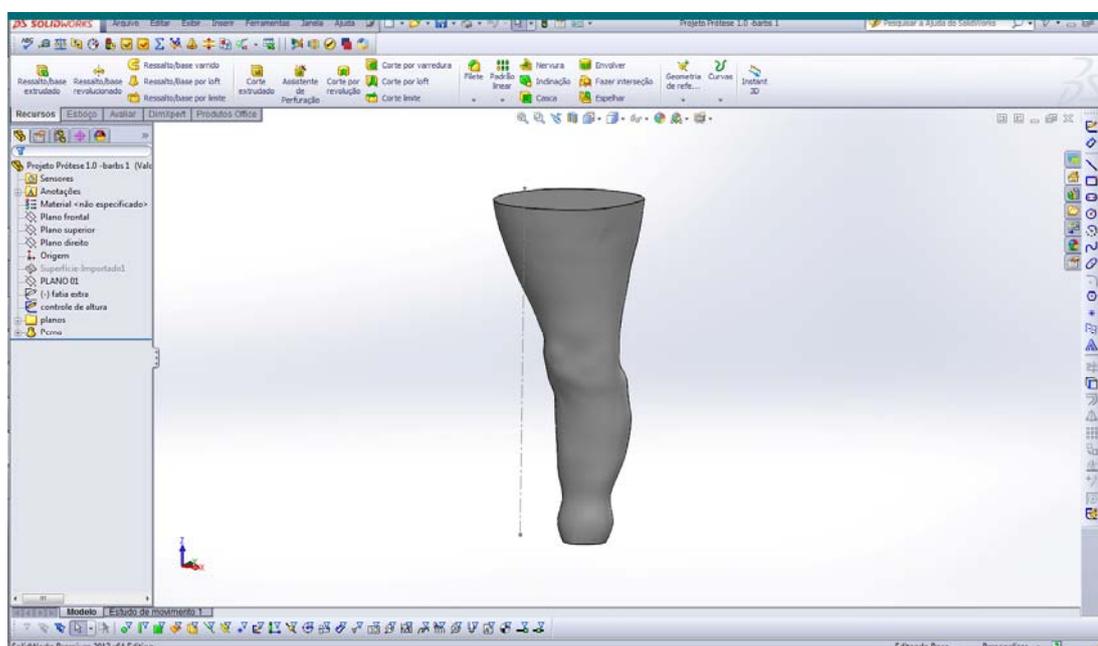


Figura 36 - Perna deformada, resultado do primeiro teste.
Fonte: Autoria própria (2014).

³Possui graduação em Fisioterapia pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (1994), graduação em Educação Física pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (1989), mestrado em Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (1996), doutorado em Filosofia da Educação - Cambridge International University (2004) e doutorado em Ciências do Desporto pela Faculdade de Desporto da Universidade do Porto (2007). Atualmente é professor adjunto da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Tem experiência na área de Educação Física, com ênfase em Educação Física, atuando principalmente nos seguintes temas: análise do movimento, osteopenia, menopausa, avaliação postural e cadeia cinética fechada.

A fim de solucionar os erros observados, um segundo modelo foi estudado - mantendo a lógica utilizada no primeiro arquétipo, mas com alguns princípios mais elaborados. Neste segundo caso, a ideia da parametrização por meio da tabela foi aperfeiçoada. Para facilitar a entrada de dados, esses foram inseridos em outro arquivo, em um bloco de notas (uma extensão de arquivos simples de geração de textos em formato *.txt) à parte da modelagem, mas que mantinha relação direta com o arquivo virtual. Qualquer número modificado, em qualquer um dos parâmetros, é alterado (após atualização) diretamente no arquivo de SolidWorks, pois os dados de entrada, que são os valores alteráveis neste arquivo de texto, são aqueles parâmetros que foram inclusos no modelo e que caracterizam as variáveis globais do modelo virtual. Dessa maneira, primeiramente foram definidos, dentro do modelo, o conjunto de informações que seria utilizado para alterar o modelo. Na sequência, essas informações foram transferidas para esse arquivo extra, em um formato de programa já padronizado pelo sistema operacional e disponível em qualquer computador. Isso faz com que o operador não precise ter conhecimento específico sobre o programa para poder efetuar a conversão (Figura 37).

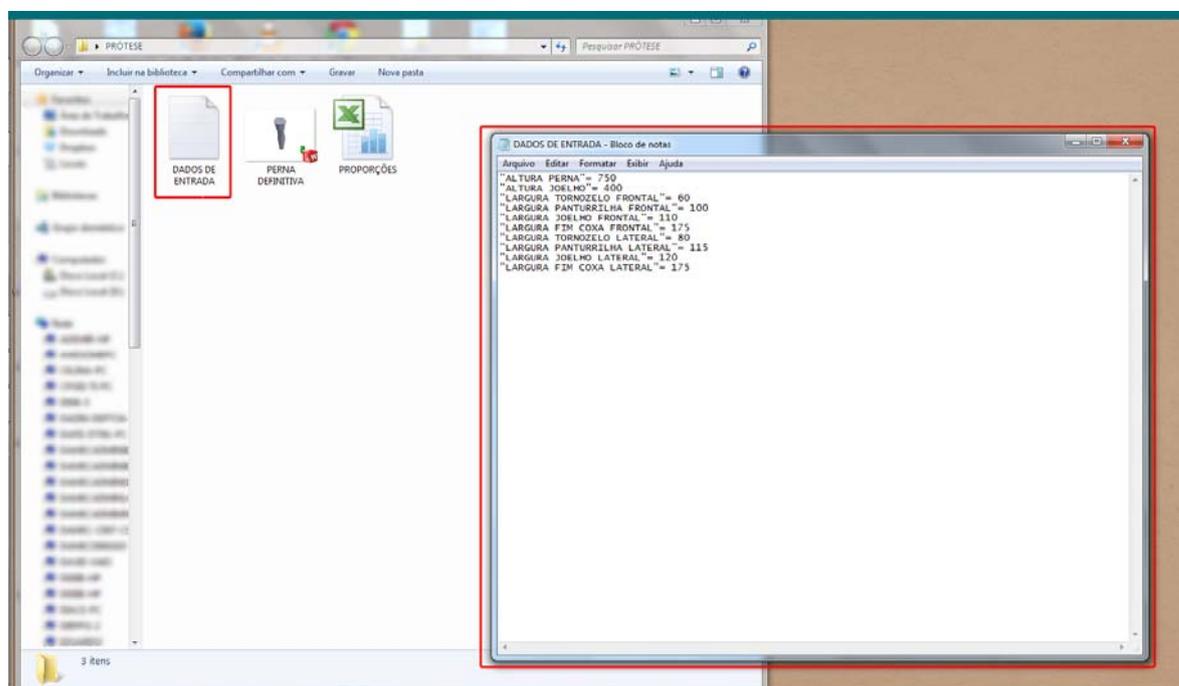


Figura 37 - Arquivo de inserção de dados à parte da modelagem.
Fonte: Autoria própria (2014).

O modelo virtual gerado no SolidWorks serve apenas para verificar a

possibilidade de se utilizar dados variados em um modelo padrão. No futuro, pretende-se que haja um programa específico para a aplicação desses dados de forma mais intuitiva e rápida. Esse *software*, ainda hoje, possui um considerável custo de aquisição, sendo esse o motivo principal para o desenvolvimento de um programa alternativo, mas que tenha os mesmos princípios básicos do *software* que serve de base para a pesquisa. Até porque o operador não precisa ter conhecimentos específicos para manipular o modelo e conseguir programar os dados numéricos facilmente.

Outro conceito que sofreu alteração foi o modo como se deu a entrada de valores na modelagem e de que maneira isso foi interpretado pelo modelo. No projeto anterior, os dados eram inseridos considerando apenas uma vista, a frontal, e essa medida era a mesma para a referência lateral. Nessa segunda opção, foram criados valores distintos para as vistas frontal e lateral, o que contribuiu para a consonância do modelo virtual com o real. A anatomia humana possui diferentes relações matemáticas para eixos de orientação distintos, o que pode ser comprovado através da modelagem.

Na sequência, em relação à determinação de quantas seções seriam necessárias para a divisão do modelo, o método utilizado foi experimental: nem tão poucas, para não prejudicar o nível de detalhamento mínimo que caracterize uma perna, mas não muitas, para que o arquivo gerado não sobrecarregue o sistema operacional. Programas de modelagem 3D em geral utilizam muito a memória RAM (Random Access Memory) do computador para executar os comandos. Essa memória, conforme explicado no TechTudo (2012), é responsável pela leitura dos arquivos conforme são usados, ou seja, não se refere ao armazenamento do conteúdo permanente. Dessa maneira, quanto maior for a capacidade de processamento para acessar um grande fluxo de informações, melhor é o rendimento do computador. Tendo em vista que a primeira modelagem utilizou 20 fatias, chegou-se à conclusão de que não havia a necessidade desse nível de minuciosidade.

Outra característica que contribuiu para a diminuição de cortes do modelo foi a utilização de uma ferramenta auxiliar para gerar a estrutura da perna em paralelo as seções da superfície limite. Essa ferramenta, assim como descreve Farias³, é uma otimização do comando *loft*, que é descrito no item “2.1.8”. A liberdade para a

construção de figuras orgânicas com esse comando é superior, pois, nesse caso, a superfície limitante é resultado de mais variáveis, o que garante a ela maior precisão formal do que utilizando o comando *loft*.

A partir da análise dos quatro modelos de membros inferiores fotografados, um deles foi definido como aquele que geraria a perna base para a padronagem da parametrização. Por conseguinte, a fotografia serviu como suporte para definir o limite do modelo nas duas vistas, gerando, assim, duas linhas (*splines*) para cada lado (Figura 38). No momento em que ocorre o processo de concepção da peça propriamente dita, considerando as linhas horizontais (correspondendo às entradas de dados e adições de pontos - Figura 39), foram criados pontos, a partir de suas extremidades, que se ligaram às duas linhas verticais de cada vista. No instante em que esses pontos contidos nas linhas horizontais passam a pertencer a linha vertical, essas últimas se tornam as *splines* que delimitam a geometria da perna.

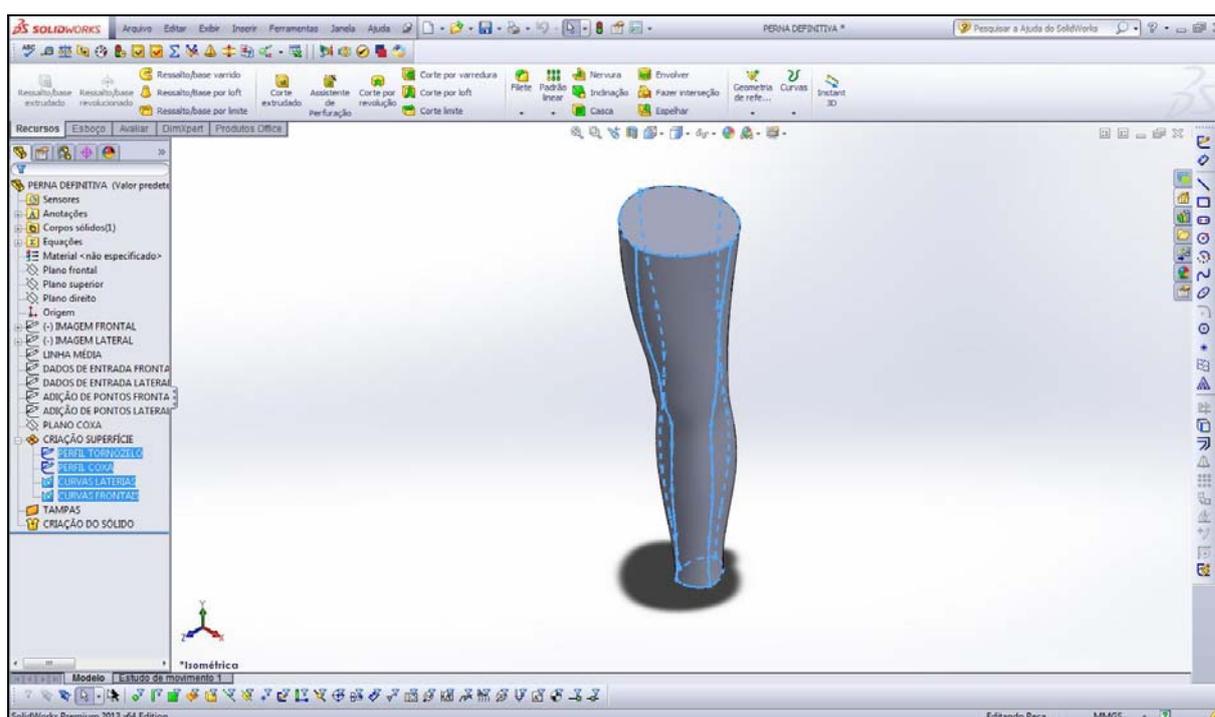


Figura 38 - *Splines* criadas, duas em cada vista, delimitam o limite da geometria, destacadas na cor azul.
Fonte: Autoria própria (2014).

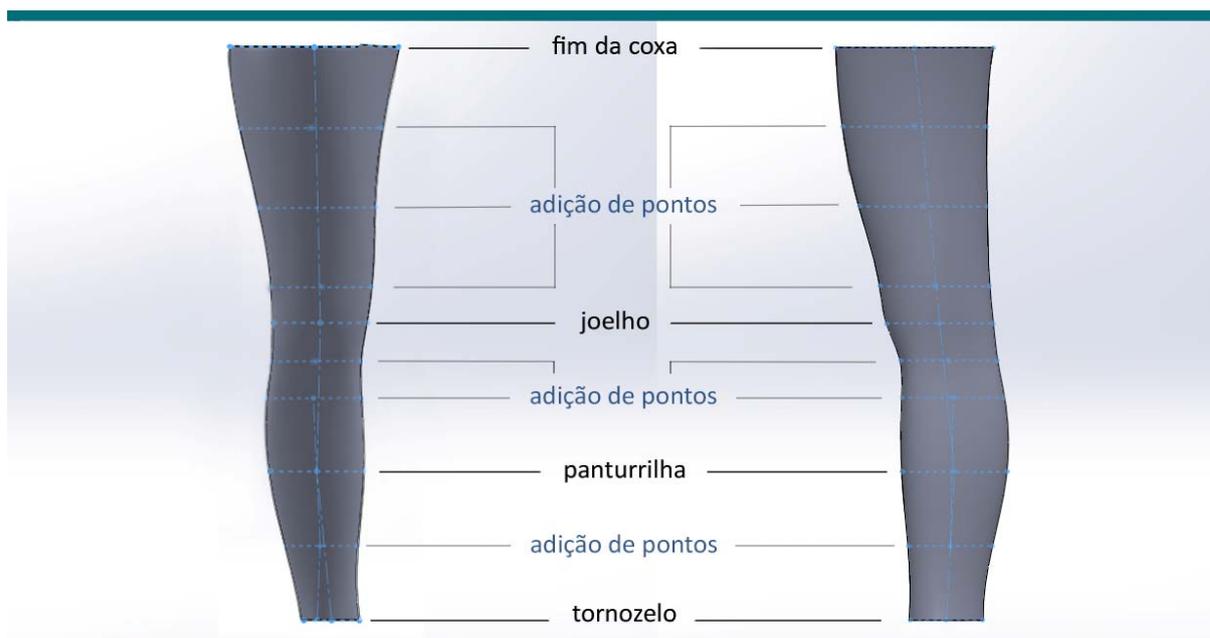


Figura 39 - Demonstração dos segmentos criados: em preto a entrada de dados e em azul aqueles que são resultados da proporção proveniente dos valores principais.
Fonte: Autoria própria (2014).

Ainda em relação ao desenvolvimento do modelo, o princípio da proporção também foi utilizado, dividindo-se o membro em cinco pontos principais: tornozelo, final da coxa, joelho e a divisão desses (panturrilha e meio da coxa), sendo esses os dados de entrada para cada um desses pontos. Foi criada uma relação matemática que gera pelo menos mais um corte entre os já existentes e que mantém dependência direta com eles. No caso, sendo um valor inserido em algum desses dados iniciais, ele altera esse segundo segmento através da concordância gerada por cálculos matemáticos, o que foi possibilitado pela padronização de uma proporção estabelecida entre os segmentos criados. Cada plano de corte mantinha relação direta com o anterior, o que comprova que o corpo humano possui medidas harmônicas entre si. É válido ressaltar que essas proporções foram essenciais para manter a relação formal da perna.

A partir da definição da entrada de dados e, posteriormente, da inclusão das adições de pontos, o processo foi facilitado, pois não houve a necessidade de se incluir valores para gerar modelos de pernas diferentes – o que facilitou o processo de registro das imagens e das medições.

Após muitas versões e muitos estudos visando aperfeiçoar e viabilizar a modelagem 3D, foram definidos os principais pontos. Primeiramente foi necessário

atender à necessidade de, por meio de medições fotográficas de pessoas diferentes, gerar o modelo virtual do membro inferior de cada indivíduo o mais similar possível ao real. Em relação à entrada de dados, não houve a necessidade de incluir dados médios entre a coxa e o joelho, pois apenas quatro dados básicos precisaram ser medidos em cada imagem do paciente. Como foram necessários os valores das duas vistas (lateral e frontal), ao total foram utilizados oito dados. Deste modo, o modelo ficou da maneira exposta anteriormente (Figura 37).

A partir dessa metodologia desenvolvida, pode-se comprovar e realizar a aplicação dos dados variáveis em um modelo padrão de perna, conforme o objetivo do projeto (no Apêndice G é possível visualizar melhor a comparação entre o modelo tridimensional gerado e as imagens utilizadas como referência).

Dentre as etapas listadas e diante dos desafios propostos durante o projeto, tinha-se ciência de que essa era a parte mais complicada de se atingir. Todo o estudo desenvolvido até então necessitava da comprovação dessa meta para dar continuidade ao trabalho: a realização da usinagem. Dessa maneira, foi necessário estabelecer os critérios de desenvolvimento do molde de carenagem em si, que é o uso da tecnologia 3D vinculada ao uso de fotografia para a concepção de um protótipo usinado. Diante disso, pode-se selecionar um dos modelos para que fosse aplicado ao controle numérico computadorizado.

Vale salientar que a etapa de modelagem 3D só foi possível devido ao suporte técnico propiciado por dois alunos do curso de Engenharia Mecânica que, durante a execução do projeto, pertenciam ao grupo de pesquisa NUFER (Núcleo de prototipagem e Ferramental), liderado pelos professores Neri Volpato e José Aguiomar Foggiatto, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). As graduandas estiveram em contato com os dois estudantes durante todo o processo de configuração e elaboração do projeto 3D, mas foram eles que, por seus conhecimentos técnicos avançados em SolidWorks, materializaram os estudos digitalmente. São eles Alex Tadeu Moreira Santos, responsável pela primeira modelagem, e Diego de Paula Farias⁴ projetista responsável da segunda alternativa.

⁴ Possui curso técnico em Mecânica, profissional certificado em SolidWorks com ênfase em superfícies (CSWP-Surfacing) e Expert certificado em SolidWorks (CSWE).

2.4 REALIZAÇÃO

O último passo do processo de design é a materialização da alternativa escolhida. Ela deve ser revista mais de uma vez, retocada e aperfeiçoada. Muitas vezes, ela não é nenhuma das alternativas isoladamente, mas uma combinação das características boas encontradas em várias alternativas. (LÖBACH, 2001, p. 155)

Segundo Löbach (2001), esta fase consiste na materialização da melhor alternativa desenvolvida. Se o roteiro estabelecido pelo autor estivesse sendo seguido, essa seria a última etapa. Entretanto, a lógica do projeto é distinta neste quesito, pois pretende, a partir de um problema, desenvolver uma solução plausível, enquanto na maioria dos casos são criadas várias alternativas diferentes para a mesma solução. Por isso os critérios metodológicos foram invertidos e trouxeram a realização antes da avaliação, pois o interesse, nesse caso, não é o produto final, mas sim entender se o fundamento criado é aceitável. A partir disso, necessita-se comprovar o estudo por meio da usinagem, ou seja, a materialização do projeto, que remete a etapa de “realização”. Na sequência que se tem o respaldo para analisar o resultado, no caso, “avaliação” do projeto. O que configura a inversão da metodologia de Löbach, e que se aplica ao nosso projeto, necessariamente nesta ordem, o que pode ser visualizado novamente pela figura 2, na página 16. Dessa forma, neste capítulo será relatado o processo de usinagem de um membro inferior oriundo da parametrização aplicada a um modelo padrão.

Antes de realizar o processo final com a peça a ser prototipada, foram feitos testes com o poliuretano, a fim de visualizar o comportamento do material durante o procedimento de desbaste e acabamento (Figura 40). Essa verificação também serviu para estabelecer os parâmetros a serem utilizados para a programação no ArtCam, *software* que prepara o modelo virtual para a usinagem no CNC.



Figura 40 - Testes realizados com o poliuretano.
Fonte: Acervo pessoal (2014).

Uma informação importante que necessita ser considerada é a altura da coordenada Z, ou seja, o limite numérico que o equipamento pode subir nesse eixo. Levam-se em consideração três fatores: a altura da fresa, a espessura do material e a distância entre esses dois. A soma de todos esses elementos não deve ultrapassar a elevação total suportada pela máquina. Devido a isso, considerou-se como medida de segurança que o material deveria ter, no máximo, 40mm de altura. Dessa forma, o modelo virtual foi seccionado, longitudinalmente, em seis partes, observando que sua dimensão total pela vista frontal era de 236mm. O procedimento de corte foi efetuado no próprio SolidWorks e, a partir disso, foram criados seis arquivos diferentes, um para cada segmento. Visto o formato original do SW, houve a necessidade de converter os arquivos “sldprt”, formato padrão deste *software*, para “3ds”. Para isso, usou-se o programa MeshLab, que possui as duas extensões necessárias e possibilita gerar a geometria 3D no formato suportado pelo ArtCam.

As placas de PU foram adquiridas, cada uma, na dimensão total de 985 x 400 x 40mm, o que possibilitou o ajuste de três fatias do membro virtual em duas placas, de forma a viabilizar o processo e fazer um melhor aproveitamento do material (Figura 41). Cada placa custou, aproximadamente, 75 reais, o que equivale a um valor total de 150 reais.

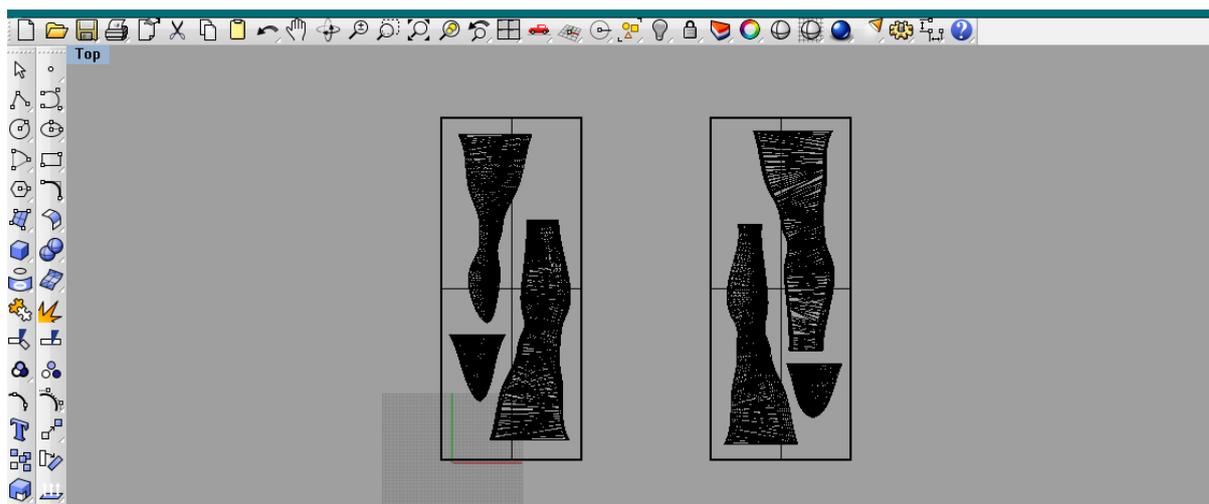


Figura 41 - Simulação do ajuste das fatias na matéria-prima.

Fonte: Acervo pessoal (2014).

A partir do teste, foi decidido a fresa a ser utilizada. Usa-se esta terminologia padrão para identificar esse tipo de material utilizado no processo de prototipagem, mas, neste caso, o nome correto é *lima rotativa*. Essa ferramenta possui 15 mm de diâmetro e seu principal benefício é poder ser utilizada tanto para o desbaste quanto para o acabamento, não sendo necessária nenhuma troca durante a usinagem (Figura 42).



Figura 42 - Lima rotativa utilizada para o desbaste e acabamento.

Fonte: Acervo pessoal (2014).

As peças em poliuretano foram fixadas na base do CNC com a utilização de fita dupla face.

Para realizar o procedimento de desbaste da peça, decidiu-se que o passe lateral que a máquina deveria executar seria de 10mm. Isso significa que a cada volta realizada, a lima rotativa deveria avançar horizontalmente nesse espaço pré-definido. O passo vertical, que consiste no valor que a fresa deve aprofundar no material a cada ciclo realizado, foi de 14mm (Figura 43). Dessa maneira, a programação do acabamento ficou da seguinte forma: passo lateral de 2mm, conferindo à peça uma superfície mais uniforme e detalhada (Figura 44), e passo vertical de 14mm, similar às definições do processo anterior. O processo total de usinagem levou aproximadamente quatro horas.



Figura 43 - Detalhe das duas camadas de 14mm que foram removidas de toda a superfície do material.
Fonte: Acervo pessoal (2014).

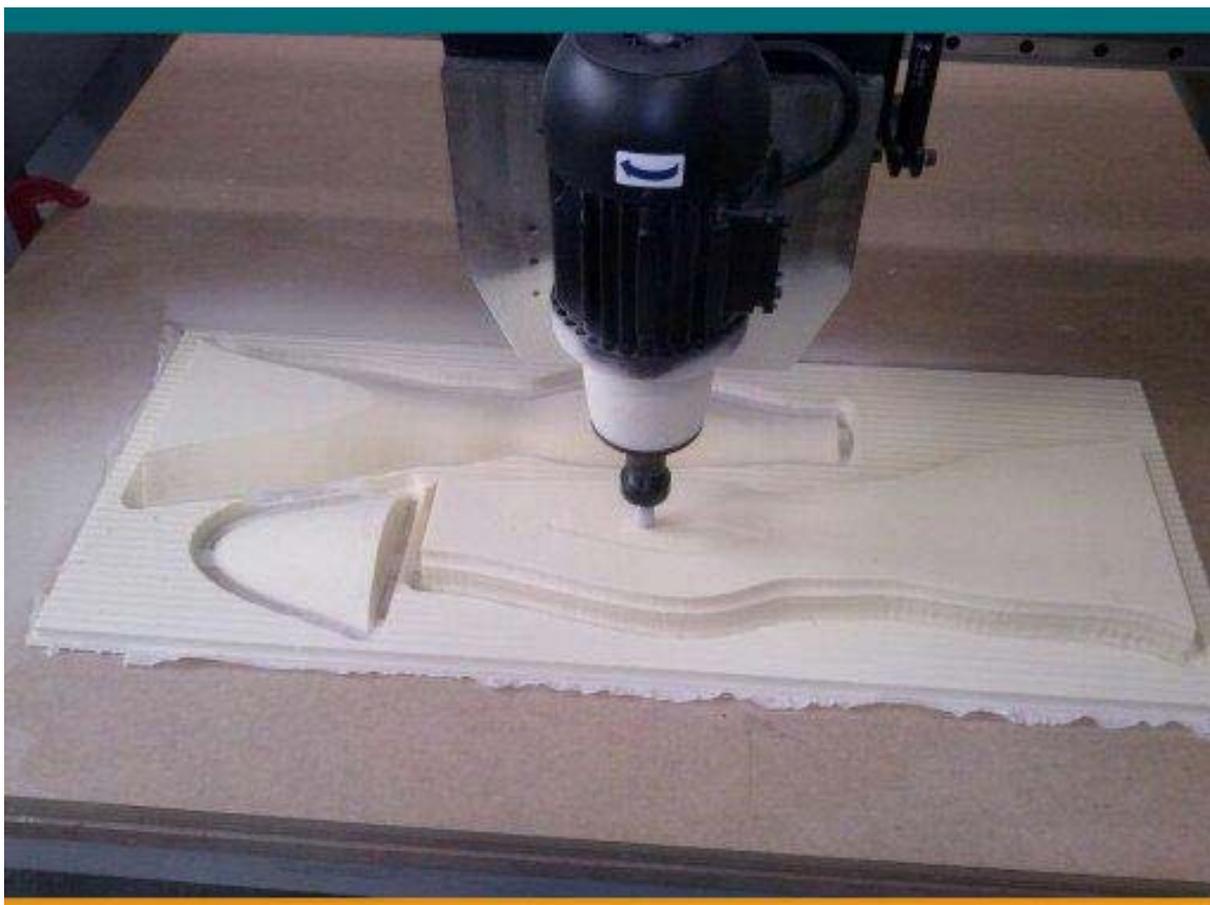


Figura 44 - Execução do acabamento na última peça.
Fonte: Acervo pessoal (2014).

Ao final do processo de usinagem das partes, restaram as seis peças que, juntas, compreendem a perna por inteiro. Após isso, cada pedaço de poliuretano foi colado de acordo com a ordem dimensional requerida (Figura 45). O material utilizado para ligar as partes foi a cola de contato, como sugeriu Richard Boyer, o responsável pela comercialização do material (APÊNDICE F). Após coladas todas as fatias, a estrutura foi lixada com lixas de granulação 400 e 600, as quais proporcionaram um fino acabamento, pois eliminaram a marcação de linhas sinalizadas decorrente do caminho percorrido pela lima rotativa. O modelo final está exposto na figura 46.

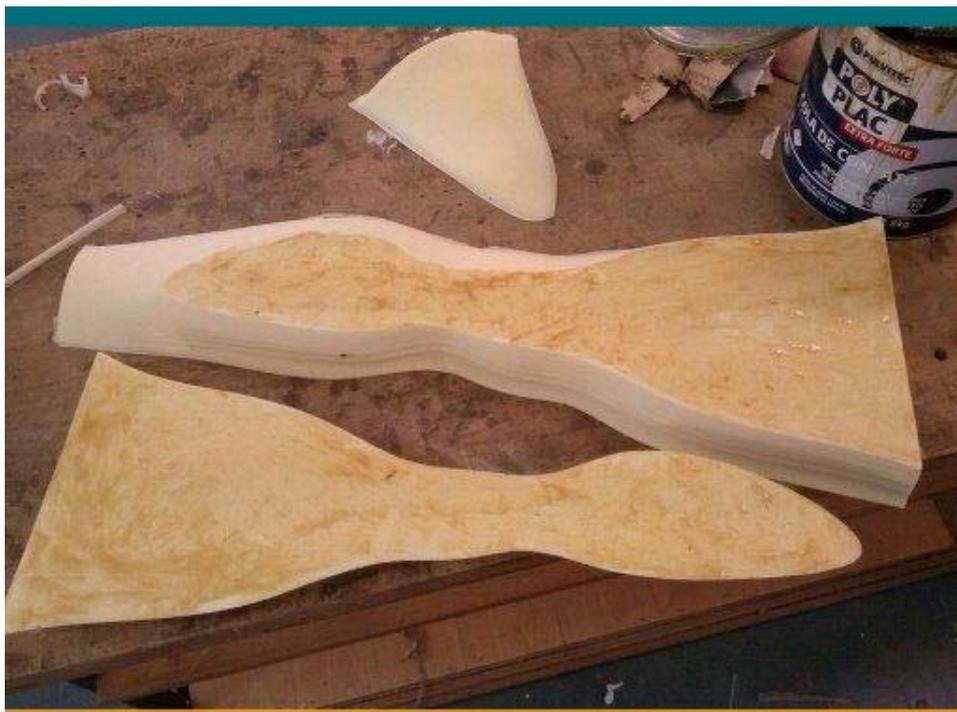


Figura 45 - Segmentos com a cola de contato aplicada.
Fonte: Acervo pessoal (2014).



Figura 46 - Vista frontal e lateral do modelo em poliuretano com os seis segmentos colados.
Fonte: Acervo pessoal (2014).

Após o término do processo de colagem, concluiu-se que, para se obter um acabamento superficial complementar melhor, a aplicação de tinta seria viável, visto que proporcionaria um resultado estético mais agradável. Sendo assim, optou-se pelo uso de tinta acrílica fosca branca, de modo que, após a impermeabilização do material, a retenção de partículas de poliuretano pudesse ser minimizada, fazendo com que o modelo possa ser manuseado por terceiros sem que se desprenda tanto pó. A tonalidade escolhida foi empregada apenas pela sua neutralidade e pelos aspectos intrínsecos à cor, que representam limpeza e possuem relação direta com a aplicação à saúde. (Figura 47).



Figura 47 - Modelo em poliuretano com o acabamento em tinta acrílica branca.
Fonte: Acervo pessoal (2014).

2.5 AVALIAÇÃO

Após realizar o acabamento na superfície do modelo, tem-se por necessidade avaliar o quão similar esse é do membro do voluntário. Dessa maneira, comparar a perna real com o modelo usinado é importante para se ter conclusões mais exatas do que ocorreu desde o início do processo (da coleta das medidas do indivíduo até a concepção do modelo 3D e da prototipagem).

A escolha do modelo B para a usinagem partiu da observação das variações dos membros virtuais, o que possibilitou verificar que, dentre todas as opções geradas, essa foi a que apresentou um desnível maior comparado à fotografia do membro inferior original. A partir da comparação dos modelos gerados, esta opção, visualmente, apresentava uma maior variação formal entre o modelo 3D e a fotografia. Deste modo, optou-se por usiná-lo, a fim de se obter um parâmetro real do valor que essa alteração representa no meio físico. Além de que, enquanto uma das outras opções possuía um volume maior, a outra possuía dimensões gerais de comprimento muito maiores – o que mudaria consideravelmente a dinâmica de realização da usinagem. Enquanto a primeira opção levaria muito mais tempo para a execução da lapidação do material, o que não era necessário, a segunda poderia gerar maior dificuldade de adequação à máquina, por possuir maior longitude. Neste último caso, pelo modelo ser ectomorfo, também a variação das formas 3D representadas eram muito pequenas, o que não é muito interessante para gerar uma análise comparativa. Visto que o modelo B contempla as características necessárias para a validação do projeto, o outro foi o escolhido para a programação e aplicação ao controle numérico computadorizado.

Alguns fatos precisam ser levados em consideração neste momento. Por exemplo, o modelo pode ter sofrido variações volumétricas, em decorrência da perda ou ganho de peso, durante o tempo em que a pesquisa ocorreu. No caso, as fotos foram tiradas em 28 de novembro de 2013, ou seja, passaram-se três meses nos quais podem ter ocorrido mudanças.

Pode-se perceber que o modelo em poliuretano possui todas as características que o assemelham a um membro inferior, algo que, por si só, já é um fator relevante - visto o desafio proposto de, a partir de um modelo pré-definido,

gerar outros sem deformidades aparentes.

Ao comparar o modelo virtual em escala com a imagem, é possível ver que, visualmente, a relação estabelecida está correta e caracteriza a pessoa em questão (Figura 48).



Figura 48 - Vistas frontal e lateral, da perna real e do modelo 3D, em comparação.
Fonte: Acervo pessoal (2014).

Isso é comprovado pela comparação ao vivo do protótipo com a perna verdadeira, conforme as figuras 49 e 50. Em relação às duas vistas obtidas, a que apresenta melhor resultado é a frontal, como pode ser observado na sequência.

É importante complementar que as medidas utilizadas para a modelagem foram retiradas sem o uso de utensílios de medição precisos. No caso, assim como o que é proposto pelo projeto, a medição utilizou como base o contraste do corpo do paciente com o fundo quadriculado, o qual possui as delimitações numéricas referenciais. Dessa maneira, qualquer pessoa pode obter os valores a serem utilizados na entrada de dados, tendo apenas as duas imagens das vistas lateral e frontal.



Figura 49 - Modelo usinado comparado ao membro inferior (vista frontal).
Fonte: Acervo pessoal (2014).



Figura 50 - Modelo usinado comparado ao membro inferior (vista lateral).
Fonte: Acervo pessoal (2014).

3 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A avaliação da usinagem foi positiva em vários aspectos. Primeiramente porque serviu para a validação de todo o estudo realizado durante este trabalho de conclusão de curso e, dessa forma, pode-se afirmar que é possível gerar modelos paramétricos de membros humanos por meio da modelagem 3D. Apesar de o corpo possuir formas orgânicas, há proporções matemáticas que regem e delimitam os indivíduos (por mais distintas que sejam suas características étnicas e anatômicas).

Sobre essa abordagem, há muito mais a ser investigado. Desde o início, sabia-se que a maioria das decisões seriam experimentais, de modo que não havia muitos precedentes para embasar as escolhas. Essa é uma área de pesquisa ainda pouco explorada, mas espera-se que, a partir das conclusões tidas neste projeto, mais pesquisas sejam elaboradas envolvendo a modelagem paramétrica do corpo humano. O que se sugere é que esses estudos aplicados ao membro inferior possam ser investigados em outras áreas do corpo, como membros superiores, cabeça, tronco, e relacionados do mesmo modo.

O uso da fotografia como meio para obter as medidas necessárias do membro inferior mostrou-se eficiente. Visto que o formato obtido assemelha-se ao do voluntário. Com isso, ressalta-se que o intuito dessa pesquisa não era uma precisão exata com as medidas reais, mas que o objeto adquirido possuísse parâmetros que caracterizassem o indivíduo em questão. Sendo assim, o método fotográfico supriu a necessidade do projeto que visava, desde o início, a utilização de um método que exigisse pouco investimento, um equipamento de fácil aquisição e manuseio, e que pudesse mensurar o corpo facilmente.

A divisão do modelo em várias partes foi feita devido às limitações do equipamento disponível para fazer o processo de usinagem. O ideal seria, em novos estudos, a idealização de uma máquina CNC com quatro eixos, que faça o mesmo processo de desbaste e acabamento apenas com um bloco em rotação (o que originaria uma peça única e eliminaria a necessidade de colagem).

Outra linha que pode ser considerada é aquela voltada às carenagens das próteses. É importante tecer novos questionamentos sobre como desenvolver um método para conceber este produto. Uma sugestão seria por meio de uma máquina

que execute o trabalho completo e que possa extinguir o trabalho manual. Também foi possível provar até o momento que, por meio de uma modelagem 3D, o CNC é capaz de entender as coordenadas e dar forma ao material, mas a quantidade de material desperdiçado é consideravelmente grande.

Como neste caso, tratou-se de pesquisar a união de algumas tecnologias distintas, que se complementam, que buscam desenvolver um primeiro modelo da carenagem de prótese a ser usinado. Uma possibilidade interessante seria a pesquisa direcionada a confecção do molde propriamente dito.

Também há possibilidades de desenvolvimento para a área de programação, que viabiliza e concebe aplicativos para computadores e celulares a todo instante. Uma opção que poderia facilitar a vida dos pacientes que necessitam da carenagem da prótese, mas que distam do local de fabricação do artefato seria visualizar, através de QR Code ou realidade aumentada, o modelo da sua própria perna instantaneamente (após a inserção de seus dados anatômicos em uma interface pré-estabelecida). Desenvolver um dispositivo desses, considerando os meios disponíveis atualmente, não seria uma ideia de cunho totalmente futurista. Algo um pouco mais complexo seria o desenvolvimento de um programa específico para este fim, que pudesse, no mesmo instante da inserção dos dados, gerar o modelo 3D e possibilitar ao paciente o *download* do modelo de sua própria perna.

O aprimoramento da metodologia utilizada neste trabalho também deve ser objeto de estudo. Recomenda-se o estudo e aplicação de outros *softwares* para discutir e comparar com os resultados obtidos nesta pesquisa.

Outra vertente seria focar em pesquisa de materiais que possam ser utilizados para a fabricação de carenagens de próteses. Neste caso, a escolha pelo poliuretano se deu por determinadas razões que contemplam acessibilidade, viabilidade e usinagem. No entanto, não se desconsidera o emprego de outros materiais.

São muitos os temas que podem ser melhor examinados dentre os segmentos que foram trabalhados durante este projeto ou até mesmo unindo fragmentos aqui expostos com outros que não foram cogitados. Muitas são as indagações geradas após a finalização de um projeto e, quanto mais questões levantadas, mais o conhecimento se expande e permeia áreas distintas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, Nelson; et al. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem**. São Paulo: Manole, 2008.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2000.

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

BÖHME, Maria Tereza S. Cineantropometria - Componentes da constituição corporal. In: **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v.2, n.1, p. 72-79. São Paulo, 2000.

CARVALHO, José André. **Amputações de membros inferiores: em busca da plena reabilitação**. São Paulo: Manole, 1999.

CARVALHO, Marco Aurélio de. **Metodologia Ideatriz para a ideação de novos produtos**. 116f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007

FLOYD, R. T. **Manual de Cinesiologia Estrutural**. São Paulo: Manole, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIPIELA, Manolo Lutero. **A tecnologia do comando numérico computadorizado**. Curitiba, 2004. 41 f. Monografia (Especialização) - CEFET. Curso de Pós-Graduação em Automação de Processos Industriais. Curitiba, 2004.

GOMES FILHO, João. **Design do objeto: bases conceituais**. São Paulo: Editora Escrituras, 2006.

HAMILL, Joseph. **Bases biomecânicas do movimento**. 2 ed. São Paulo: Manole, 2008.

HEDGECOE, John. **Guia completo de fotografia**. São Paulo: Martins Fonte, 1996.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2005.

LÖBACH, Bernd. **Design Industrial: base para configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LOURENÇO, Aline de Fatima; CLEBSCH, Mayara Carvalho Gonçalves. **Tecnologia CNC Aplicada à Construção de Próteses Exoesqueleticas**. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Bacharelado em Design, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

MACHADO, Aryoldo. **Comando numérico aplicado às máquinas-ferramenta**. 4 ed. São Paulo: Ícone, 1990.

MALLIN, Sandra Sueli. **Uma metodologia de design aplicada ao desenvolvimento de tecnologia assistiva para portadores de paralisia cerebral**. Curitiba: Editora da UFPR, 2004.

NASCIMENTO, Giselle Ramos do. **Estudo de uso do poliuretano no mobiliário**. 2005. vi, 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso Superior de Tecnologia em Móveis, Curitiba, 2005.

NASIO, Juan David. **Meu corpo e suas imagens**. Rio de Janeiro: Zahar, 2009.

PERALTA, Flávio. **Amputados Vencedores: porque a vida continua**. São Paulo: Editora Conex, 2010.

RAMOS, Alice; FERNANDEZ, Antonio Carlos; Conceição Rosa; CASALIS, Maria Eugenia Pebe. **AACD medicina e reabilitação: princípios e prática**. São Paulo: Artes médicas, 2007.

SASSAKI, Romeu Kazumi. **Inclusão: construindo uma sociedade para todos**. 7 ed. São Paulo: WVA, 2006.

SCHNEIDER, Beat. **Design, uma introdução: o design no contexto cultural, social e econômico**. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

TAVARES, Maria da Consolação G. Cunha. **Imagem Corporal: conceito e desenvolvimento**. São Paulo: Manole, 2003.

VOISINET, Donald D. **CAD – Projeto e Desenho Auxiliados por Computador**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

WIEBECK, Hélio; HARADA, Júlio. **Plásticos de Engenharia: tecnologia e aplicações**. São Paulo: Artliber Editora, 2005.

WOLLNER, Alexandre. **Textos recentes e escritos históricos**. 2 ed. São Paulo: Rosari, 2003.

REFERÊNCIAS VIRTUAIS

ALMEIDA JUNIOR, José. **Mapas de profundidade de superfícies texturizadas baseados em Depth Hallucination**. 2012. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <<http://www.pee.ufrj.br/teses/textocompleto/2012032901.pdf>> Acesso em 06 de fev. de 2014.

AMIGOS NERDS. **Desenvolvimento e adaptação de amputados em membros inferiores**. Disponível em: <<http://amigonerd.net/biologicas/fiioterapia/desenvolvimento-e-adaptacao-de-amputados-em-membros-inferiores>>. Acesso em: 07 abr. 2013.

AMB. **Associação Médica Brasileira**. Disponível em: <http://www.amb.org.br/teste/inst_ct_implantes.html>. Acesso em: 21 abr. 2013.

APR. **Associação Paranaense De Reabilitação**. Disponível em: <<http://www.apr.org.br>>. Acesso em: 23 abr. 2013.

AULA DE ANATOMIA. Disponível em: <<http://www.auladeanatomia.com/>> Acesso em 21 de abr. de 2013

BAYER JOVENS. **75 anos do Poliuretano**. 2012. Disponível em: <<http://www.bayerjovens.com.br/pt/fique-ligado/novasideias/visualizar/?materia=poliuretano>> Acesso em: 06 de fev. de 2014.

BERNARDES S.R. et al. Tecnologia CAD/CAM aplicada a prótese dentária e sobre implantes: o que é, como funciona, vantagens e limitações. Revisão crítica da literatura. In: **Jornal ILAPEO**. v.6. n. 01. Jan. Fev. Mar, 2012. p. 8-13. Disponível em <[http://painel.ubis.com.br/clientes/ilapeo/imagens/downloads/7241 .pdf](http://painel.ubis.com.br/clientes/ilapeo/imagens/downloads/7241.pdf)>. Acesso em 18 fev. 2013.

BERSCH, Rita. **Introdução a Tecnologia Assistiva**. Centro Especializado em desenvolvimento Infantil. Porto Alegre: 2008. Disponível em: <<http://proeja.com/portal/images/semana-quimica/2011-10-19/tec-assistiva.pdf>> Acessado em 21 abr. 2013.

BRITO, Daniela Dall'agnol; ISERNHAGEN, Fernanda Cristine; DEPIERI, Tatiane Zafanelli. Tratamento fisioterapêutico ambulatorial em pacientes submetidos à

amputação transfemoral unilateral por acidente motociclístico: Estudo de caso. In: **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v.1, n.1, Umuarama: UNIPAR, set/dez 2005. Disponível em: <<http://revistas.unipar.br/saude/article/view/193/167>>. Acessado em 21 abr. 2013.

BRITTO, Lázaro. **Como lidar com a folga no encaixe**. 2012. Disponível em: <<http://passofirme.wordpress.com/2012/02/05/como-lidar-com-a-folga-no-encaixe/>>. Acessado em 21 abr. 2013.

CALDAS, Anelise Souza; AMANTÉA, Mara R. A.; LAURINO, Taís Franco. **Perfil da qualidade de vida em pacientes protetizados na URE Dr. Demétrio Medrado no período de Janeiro de 2007 a Janeiro de 2008**. 110 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade da Amazônia, Belém, 2008.

CAMARGO, Brígido Vizeu; SECCHI, Kenny; BERTOLDO, Raquel Bohn. **Percepção da Imagem Corporal e Representações Sociais do Corpo**. V. 25, n. 2, p. 229-236. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ptp/v25n2/a11v25n2.pdf>>. Acesso em 21 abr. 2013.

CENTRO ORTOPÉDICO. 2013. Disponível em: <<http://www.centroortopedico.com.br/>> Acesso em 13 de maio de 2013.

COFFITO. **Resolução Nº316/2006**. 2006. Disponível em: <http://www.coffito.org.br/publicacoes/pub_view.asp?cod=1398&psecao=9> Acesso em 21 de abr. de 2013

COSTA, Filipe Campelo Xavier da; TONETTO, Leandro Miletto. Design Emocional: conceitos, abordagens e perspectivas de pesquisa. In: **Strategic Design Research Journal**, v.4, n. 3. 2011. Disponível em: <<http://www.unisinos.br/sdrj/pdf/112.pdf>> Acesso em 23 abr. 2013.

CURSO DE FOTOGRAFIA. **Curso de fotografia**. Disponível em: <<http://www.cursodefotografia-gratis.com/2011/08/modulo-basico-aula-14-os-tipos-de.html#.UvBbwPIdUrU>> Acesso em 06 de jan. de 2014.

DORNELLAS, Lilian de Fátima. **Uso da prótese e retorno ao trabalho em amputados por acidentes de transporte**. Acta Ortop Bras. [periódico na Internet]. 2010, 18(4), p. 204-6. Disponível em: <<http://www.scielo.br/aob>> Acessado em: 21 abr. 2013.

FAG. **Membro Inferior**. Cascavel, 2008. Disponível em: <<http://www.fag.edu.br/protese/membro-inferior>> Acessado em 23 abr. 2013.

FINEP. **Tecnologias assistivas - Seleção pública de propostas para apoio a projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias assistivas para inclusão social de pessoas portadoras de deficiência e de idosos**. 2005.

Disponível em: <http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/editais/Chamada_Publica_Acao_Transversal_Tecnologias_Assistivas_09_2005.PDF>. Acessado em 21 abr. 2013.

FOGGIATTO, José Aguiomar; VOLPATO, Neri; BONTORIN, Ana Carolina Bueno. Recomendações para modelagem em sistemas CAD 3D. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação**, 4., 2007, Curitiba: UTFPR, 2007. Disponível em: <http://www.pessoal.utfpr.edu.br/foggiatto/arquivos/2007_RECOMENDACOES%20PARA%20MODELAGEM%20EM%20SISTEMAS%20CAD%203D.pdf>. Acesso em 02 fev. 2014.

FONTOURA, Antonio Martiniano. A interdisciplinaridade e o ensino do design. In: **Projética: Revista Científica de Design**. Universidade Estadual de Londrina, v.2, n.2. 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/download/8855/9264+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em 02 de fev. de 2014.

GABINETE DO MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria Nº 2.048, de 3 de setembro de 2009 - Aprova o Regulamento do Sistema Único de Saúde (SUS)**. 2009.

Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/regulamento_sus_240909.pdf>. Acesso em 22 abr. 2013.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em 21 abr. 2013.

LEAL, Nuno E. F. **Desenvolvimento do processo de fabrico de próteses humanas em silicone para substituição de órgãos em tecidos moles**. Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Universidade do Porto. 134p. 2011. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61691/1/000148264.pdf>> Acesso em 18 fev. 2013.

MAGALHÃES, Angela Medeiros. 2012. **Avaliação postural em alunos do ensino fundamental das escolas públicas municipais da cidade de Exu**. Disponível em: <<http://www.novafisio.com.br/artigos/avaliacao-postural-em-alunos-do-ensino-fundamental-das-escolas-publicas-municipais-da-cidade-de-exu-pe/>> Acesso em 22 de abr. de 2013

MIOT, Hélio Amante; PAIXÃO, Maurício Pereira; Paschoal, Francisco Macedo. Fundamentos da fotografia digital em Dermatologia. In: **AN BRAS DERMATOL.** 2006. Anais. p.174-180. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abd/v81n2/v81n02a10.pdf>> Acesso em: 06 de fev. 2014.

NADYA PEEK. **Acervo de fotos.** Disponível em: <<http://www.flickr.com/photos/nadya/3874323251/> NADYA Peek> Acesso em 22 de abr. de 2013.

NORTON, Kim. A Brief History of Prosthetics. In: **inMotion Magazine.** Volume 17. 7ª edição. 2007. Disponível em: <http://www.amputee-coalition.org/inmotion/nov_dec_07/history_prosthetics.html> Acesso em 21 abr. 2013.

ORTOPEDICA AMERICANA. 2011. **Membro inferior transtibial.** Disponível em: <<http://www.ortopediaamericana.com.br/amputacoes/membro-inferior3/transtibial/>> Acesso em 21 de abr. de 2013.

ORTOPEDICA AMERICANA. 2011. **Membro inferior transfemural.** Disponível em: <<http://www.ortopediaamericana.com.br/amputacoes/membro-inferior3/transfemural/>> Acesso em 21 de abr. de 2013.

ORTOSSINTÉTICA. **Tecnologia Assistiva.** Disponível em: <<http://www.ortossintetica.com.br/>> Acesso em 22 de abr. de 2013.

OTTOBOCK. 2006. Disponível em: <<http://www.ottobock.com/>> Acesso em 22 de abr. de 2013.

PLÁSTICOS RUCEAL. **Características do Poliuretano.** 2014. Disponível em: <<http://www.rucealplasticos.com.br/carac.html>> Acesso em 06 de fev. de 2014

ROMANO, Leonardo Nabaes. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.** 2003. 266p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/86408>> Acesso em: 30 de jan. 2014.

SAMPAIO, Leonardo Cordeiro. **Manual teórico para curso de imobilização ortopédica.** 2012. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/88608147/42/Proteses>> Acesso em 21 abr. 2013.

SEMILOGIA ORTOPÉDICA. Disponível em:
<<http://www.semiologiaortopedica.com.br/2012/08/anatomia-essencial-para-semiologia.html>> Acesso 21 de abr. de 2013

SOLIDWORKS. **Boundary Surface**. 2014. Disponível em:<http://help.solidworks.com/2012/English/SolidWorks/sldworks/Boundary_Surface.htm>. Acesso em 15 fev. 2014.

_____. **Spline**. Disponível em: <http://help.solidworks.com/2013/English/SolidWorks/sldworks/c_splines_top.htm>. Acesso em: 15 fev. 2014.

SPECK, Henderson José. **Avaliação Comparativa das Metodologias Utilizadas em Programas de Modelagem Sólida**. 203 f. Dissertação (Mestrado em engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/80366/185479.pdf?sequence=1>> Acesso em 03 fev 2014.

TECHTUDO. **O que é memória RAM e qual a sua função**. 2012. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/02/o-que-e-memoria-ram-e-qual-sua-funcao.html>> Acesso em: 15 de fev. de 2014.

APÊNDICE A – Entrevista com pacientes.

Entrevistas com pacientes que possuem amputação traumática ou congênita Jogadores do time masculino de vôlei sentado da UNILEHU. Os termos de concessão de entrevista estão sob a posse das graduandas e dos entrevistados.

Datas das entrevistas: 25/11/2013, 08/01/14 e 13/01/14

- Entrevistado “A”

Em acidente ocorrido em 2005, entre uma moto e uma Combi, o entrevistado “A” relata a perda de um dos membros inferiores. Após o ocorrido, ele lembra que permaneceu durante uma semana internado no Hospital Cajuru, porém quarenta dias depois já estava trabalhando normalmente.

A primeira prótese foi adquirida no Hospital Erasto Gaertner somente seis meses depois e demorou aproximadamente 3 a 4 meses para ficar pronta. O entrevistado recorda que por algum motivo, não lembrado por ele, na época, a demanda por próteses confeccionadas para o Sistema Único de Saúde estavam sendo feitas neste estabelecimento e não na APR.

Quanto ao processo de reabilitação, durante o início da amputação, o paciente realizava fisioterapia por um período regular. Hoje em dia isso ocorre com frequência máxima de uma vez por ano.

Durante todo esse processo não houve nenhum momento de rejeição ao uso da prótese. Por ter sido um paciente endomorfo, sofreu muito preconceito, por muitos anos. De forma que, o levou a aprender a conviver com a situação da perda da perna, com mais facilidade. O uso da prótese nunca afetou seu psicológico quanto a possíveis rejeições. Sempre soube desenvolver um bom comportamento em ambos os casos.

De acordo com o que foi dito pelo paciente, a prótese adquirida na APR após o uso do primeiro equipamento, foi mais satisfatória, apesar de ter demorado mais de seis meses para ser concluída.

O entrevistado “A” revela que durante muito tempo manteve-se com excesso de peso. Devido a isso submeteu-se a uma cirurgia de redução do estômago. Conseqüentemente ao emagrecimento ocasionado pela operação, houve a necessidade da troca do cartucho. Durante um período razoavelmente curto trocou várias vezes essa parte da sua prótese. Tanto que fazia menos de um mês que estava utilizando seu cartucho novo.

Um fato interessante sobre este caso foi a aquisição via SUS de um *liner*, peça que complementa a prótese envolvendo o coto para receber o cartucho. Isso evita contato direto da pele do usuário com o material rígido da prótese. Esse *liner* não é oferecido pelo governo devido ao seu alto custo, segundo informações adquiridas do próprio técnico responsável pela APR. Mesmo assim o paciente

recebeu o artefato, provavelmente proveniente das condições alegadas pelo paciente, que foi interpretada pelo médico da instituição como caso de necessidade.

O entrevistado teve muito apoio familiar e da esposa, fator esse que auxilia muito no processo de aceitação da nova condição física.

Ainda hoje faz algum acompanhamento psicológico, mas bem raramente. Em relação as dores fantasmas, o paciente conta que já foram mais frequentes, mas hoje em dia isso ocorre bem menos.

Uma das poucas queixas do entrevistado é quanto a dificuldade em descidas, visto que a prótese utilizada por ele não oferece joelho adequado a esse movimento.

Por último, o paciente aponta a demora para se conseguir uma prótese pelo SUS, para quem mora na região metropolitana, o que leva em média de um a dois anos.

- Entrevistado “B”

Em entrevista concedida, o entrevistado B conta que se acidentou no ano de 2005. Também acidente de motocicleta. Sua primeira prótese foi obtida pelo SUS e confeccionada no Hospital Erasto Gaertner, assim como o que ocorreu com o entrevistado “A”. Os dois se acidentaram na mesma época. Conseguiu usá-la por aproximadamente 5 anos, sem realizar trocas.

Pelo o que o entrevistado recorda, o artefato demorou, em média, uns 40 dias para ficar pronto. Quanto a sua reabilitação, não chegou a fazer sessões de fisioterapia. Recebeu alta na primeira sessão e não retornou mais ao tratamento.

Por residir em Pinhais, região metropolitana de Curitiba, e segundo informações do entrevistado, demoraria pelo menos dois anos até conseguir uma prótese, o paciente conseguiu um endereço na capital, através de conhecidos que passaram pela mesma situação, e recebeu o artefato como se fosse um paciente residente da capital paranense. Muitos amputados, por saberem dessa situação diferenciada, para quem mora na região próxima a Curitiba, optam por realizar o mesmo procedimento do entrevistado “B”.

Assim como relatado, em nenhum momento houve rejeição em utilizar a prótese, pois a questão estética não o incomodava. O único momento que opta em usar algum tipo de proteção sobre a prótese é quando precisa usar uma calça, assim deixando o preenchimento mais parecido com um membro inferior.

A dor fantasma, a sensação que ocorre quando o amputado ainda sente a existência do membro, nunca foi vivenciada pelo paciente de forma massiva. Mas disse sentir em algumas poucas situações, de vez em quando.

Para fazer manutenção nas próteses direto na APR leva um certo tempo. Até realizar o procedimento inteiro do pedido e ser chamado para o atendimento, o entrevistado aprendeu a realizar a manutenção da própria perna mecânica. Fator que contribuiu para que esse utilizasse o mesmo artefato durante tantos anos.

No momento, “B” pode adquirir particularmente uma prótese de qualidade. Adquiriu uma comprada no exterior, por um preço muito mais acessível e de

qualidade muito superior a que seria adquirida pelo SUS. O pé, conforme é observado pelo próprio paciente e pelos demais colegas de time é de última geração.

- Entrevistado “C”

O entrevistado “C”, por questões que envolveu a dinâmica da realização das perguntas e da organização dos treinos da Equipe UNILEHU, durante o dia da pesquisa, acabou permanecendo pouco tempo na companhia das graduandas. Isso refletiu em menos informações fornecidas pelo paciente, em comparação aos demais entrevistados.

O paciente comenta que sofreu no ano de 2002 em um acidente de trânsito, em que dirigia uma moto. Por ter sobrado do membro uma parte muito pequena, o coto é menor que o habitual. Isso torna a utilização da prótese mais difícil. Por isso, de modo geral, sempre preferiu utilizar a muleta como suporte ao artefato e até mesmo em situações que não a utiliza.

Usou uma mesma prótese durante aproximadamente 8 anos. Essa foi confeccionada na Ortopédica Ramos, na cidade de Curitiba, mas o paciente não descreve com muita precisão o procedimento. Apenas que foi rápido para adquirí-la, algo em torno da média, aproximadamente 3 meses.

Uma informação importante também compartilhada pelo paciente “C”, foi o fato de sentir muitas dores e bolhas na área do coto, o que causa muito desconforto ao paciente, o que também contribui para que utilize as muletas continuamente. A questão da estética não o incomoda, mas também utiliza a proteção de espuma na prótese, com calças, para dar o formato do membro.

- Entrevistado “D”

O paciente sofreu a amputação a 4 anos atrás, em 2010. Após ter solicitado a primeira prótese pela APR e por ter tentado utilizá-la por 8 meses, desistiu. O artefato machucava muito e na sequência teve que fazer uma cirurgia reparadora, pois visto as dificuldades encontradas pelo paciente o coto abriu. Após isso acabou utilizando muletas por um longo período, até o pós operatório permitir a utilização de um membro inferior mecânico novamente. Depois de 7 meses aguardando, solicitou uma prótese novamente. Como todo esse procedimento cirurgico aconteceu ano passado, faz pouco tempo que está com a prótese nova. Assim como expressa o entrevistado, faz apenas 3 meses que adquiriu o artefato. Sendo este muito mais confortável que o antigo, possuindo sistema de encaixe à vácuo. Além do silicone para a proteção do membro.

Para a solicitação do artefato o paciente confessa ter utilizado o endereço da irmã, que reside em Curitiba, para que pudesse receber a prótese mais rápido, pois “D” conhece o procedimento para pacientes que não residem na capital paraense. A partir disso, após a visita da assistente social, o processo para a obtenção do produto foi rápida. Aproximadamente 3 meses após o pedido, já estava com o artefato em mãos.

Para este paciente não foi necessário realizar o acompanhamento fisioterápico oferecido pela APR pois realizou a reabilitação pelo Hospital Evangélico durante 5 meses antes de receber a prótese. Assim, na primeira sessão naquela instituição já recebeu alta.

Em relação a estética, o atleta revela que nunca teve problemas com a aceitação da material e muito menos das formas da prótese que utiliza. Também disse que nunca utilizou a espuma de proteção e que não teve interesse de utilizá-la em nenhum momento. Prefere o artefato exposto, do modo que é, não tem vergonha de evidenciar o fato de ser uma pessoa amputada.

Sobre as dores fantasmas o paciente diz possuí-las. Sente formigamento, mas que durante a reabilitação foi instruído a realizar massagens no coto, para amenizar esses efeitos.

Outro detalhe que o paciente informa é sobre o fato de ter feito a solicitação de uma prótese pela previdência privada do governo. Disse que a partir disso, a prótese oferecida ao paciente possui maior qualidade, em comparação a oferecida pelo SUS, pela APR. A fila para conseguir o artefato é longa e que o processo é demorado. Mas acredita que em uma ano e meio, no máximo, estará com a nova prótese.

- Entrevistado “E”

No início do ano 2000, o paciente “E” levou um tiro, durante um assalto, o que ocasionou a perda de um membro inferior. Logo que sofreu o acidente solicitou a prótese pelo SUS. Realizou o pedido na regional de saúde próxima a sua casa, fez a avaliação para o tipo de prótese que utilizaria, neste mesmo estabelecimento, mas nunca chegou a ser chamado pela APR. Solicitou o encaminhamento público por duas vezes. Mesmo após dois anos da perda do membro, ainda não havia recebido nenhuma resposta, sendo que, já havia feito dois pedidos. O paciente explica que reside em Curitiba e que a entrada no processo, que inclui as duas tentativas, foram feitas nesta mesma cidade.

Diante da demora para a obtenção da prótese pelo SUS, decidiu adquirir o artefato por iniciativa privada. Após isso, obteve o produto de forma rápida, 3 meses e já estava utilizando-o. A partir disso, decidiu confeccionar um encaixe de fibra de carbono, para ter maior conforto ao utilizar a prótese. O paciente “E” fez fisioterapia para maior adequação ao objeto, mas não foi relatado por quanto tempo.

Desde que utiliza a prótese já fez a troca de encaixe três vezes. Está a mais de três anos utilizando o mesmo encaixe e sem precisar fazer manutenção no equipamento. Disse também que sente dor, de vez em quando, mas isso é normal. Em relação as dores fantasmas, logo no início sentia bastante. Com o tempo e força de vontade elas desapareceram e hoje em dia não há mais incidências.

Quanto a estética o paciente alega não possuir nenhum problema estético que o desencoraje a utilizar a prótese. No entanto assegura que usa a proteção em poliuretano, principalmente quando utiliza calças compridas.

- Entrevistado “F”

O entrevistado “F” é o único na pesquisa realizada que possui amputação bilateral em decorrência a uma má formação congênita. Em consequência disso, usa prótese desde um ano e alguns meses. Hoje em dia o entrevistado tem 18 anos e possivelmente terá que fazer mais uma adequação do cartucho a sua estrutura corporal atual. No decorrer da vida, por razão do crescimento tinha que trocar de prótese a cada ano, apesar do correto ser a cada sete meses.

Quando pequeno sofreu *bullying* no colégio, com apelidos inconvenientes. Atualmente não tem problemas quanto a isso. De modo que nunca usou nenhum tipo de proteção, nem mesmo gosta de usar calça comprida, prefere expor o seu artefato, que segundo ele, confere estilo diferente e chama a atenção. Disse até que costuma customizar a prótese sempre que pode.

Mora em Campina Grande do Sul, e é por meio da prefeitura da cidade que consegue o subsídio para adquirir a prótese. O produto é confeccionado pela APR de Curitiba, mas a origem da verba é distinta da dos demais pacientes, justamente por ser uma iniciativa distinta. O paciente fez a solicitação diretamente na prefeitura da cidade, que encaminha o pedido a instituição em Curitiba. Normalmente este encaminhamento, incluindo o tempo de confecção do produto leva, em torno, 5 meses. Por ser uma cidade pequena e por não haver tanta procura, torna o atendimento ao paciente mais facilitado. Apesar da pouca idade, o entrevistado “F” compreende que a questão que envolve a fabricação de próteses pelo SUS é limitada pela quantidade de dinheiro recebida pela APR para este fim.

Apesar de ser de outra cidade, tem que vir a APR, do mesmo, modo para realizar os testes de encaixe. Por ter nascido sem os membros inferiores nunca foi necessário fazer fisioterapia, aprendeu a andar diretamente sobre as próteses.

- Entrevistado “G”

Conforme compartilhado em entrevista, “G” sofreu um atropelamento em 1996, quando tinha apenas 6 anos. Hoje com 24 anos, o paciente relata que durante os primeiros seis anos de sua amputação utilizou a mesma prótese. Depois disso costumava efetuar a troca a cada ano. Ainda quando criança fez fisioterapia particular durante um ano e meio, o que ajudou muito no fortalecimento dos músculos e o que facilitou consideravelmente sua adequação ao artefato.

A primeira prótese foi adquirida pela APR porém, pela a idade do paciente na época, não recorda quanto tempo levou para que o artefato ficasse pronto. Hoje em dia, revela que a prótese não demora mais que 3 meses para ficar pronta.

O entrevistado considera importante a questão estética, apesar de nunca ter usado uma proteção sobre a prótese apenas para essa finalidade. Costuma envolver a prótese com a espuma que dá um formato de membro inferior, chamado pelo entrevistado de “perna de boneca” - termo bastante conhecido por esse público - principalmente quando necessita colocar calças, o que reflete na utilização diária deste utensílio pelo paciente. O usuário revela que aprecia cartuchos customizados, o que diferencia o aspecto da prótese e o torna único.

Por se tratar de uma amputação que ocorreu há muito tempo, as dores fantasmas não existem mais.

- Entrevistado “H”

Em entrevista realizada com o entrevistado “H”, o indivíduo revela que em 2010 sofreu um acidente de moto em que perdeu o membro.

O paciente revela não ter tido boas experiências em relação ao atendimento oferecido pela APR. Conforme descreve, primeiro pedido de prótese foi feito por essa instituição, mas por iniciativa privada. A principal queixa do paciente é que a demora foi muito grande. Após muita cobrança e sendo por investimento próprio, a qual não deveria representar filas que justifiquem a demora no atendimento, apenas após sete meses, após a solicitação, que houve um respaldo da APR. Além disso, “H” não recebeu nenhum tipo de tratamento de reabilitação do coto recém amputado quando procurou assistência na instituição mencionada anteriormente. Visto todo o processo traumático da perda do membro e após isso a demora no atendimento, ao receber o produto o paciente não se sentiu satisfeito e procurou meios alternativos para ter a prótese conforme desejado.

Em contra partida, após a situação difícil vivenciada pelo entrevistado, a segunda prótese foi confeccionada pela Ortopédica Catarinense. Neste caso a demora foi inferior, cerca de dois meses após o pedido já estava pronta. Além do que, teve acesso ao procedimento fisioterápico necessário a adequação ao produto. O que durou os dois meses de espera pelo produto.

De todos os entrevistados, que fazem parte da equipe de vôlei, “H” foi o que revelou a maior dificuldade para aceitar a amputação. No início foi extremamente difícil a aceitação da prótese, principalmente pela questão estética. Por isso o uso da carenagem em poliuretano que envolve o tubo da prótese teve grande contribuição para a familiarização do paciente com o objeto. Principalmente no que se trata do período que compreende os primeiros dois anos após a perda do membro. Hoje possui maior segurança sobre o assunto, continua utilizando a proteção.

Descobriu no esporte incentivo para aceitar a nova condição. Já praticou várias modalidades diferentes e atualmente joga vôlei e basquete. Foi através do esporte que conseguiu enfrentar os medos e através disso que mudou a forma de pensar sobre sua condição física.

- Entrevistado “I”

Em 2005 aconteceu um acidente entre uma moto e caminhão que levou o entrevistado I à amputação do membro inferior.

Residente da cidade de Piraquara, as duas primeiras próteses adquiridas foram por processos particulares, sendo que a primeira levou dois meses para ficar pronta. Durante o processo de fabricação da prótese foi oferecido tratamento fisioterápico. Nesses dois meses de reabilitação, houve a preparação para que o paciente pudesse receber e adequar-se a prótese de forma adequada.

Por residir na região metropolitana de Curitiba, o processo para adquirir a prótese pelo SUS demorou mais de um ano. Primeiro entrou em contato com uma assistente social, depois foi direcionado ao posto de saúde local, e então encaminhado para a APR.

No total fez uso de quatro próteses: duas particulares e duas proveniente do SUS. A qualidade dessas últimas era tão inferior as outras, que o próprio paciente teve que adaptar peças das primeiras para conseguir utilizá-las. Sendo que é desta forma que continua a fazer, pois não tem mais condições para confeccionar próteses particulares, como noutro.

Quanto a questionado sobre a estética, "I" respondeu que nunca o incomodou, que não possui problemas por conta de não possuir o membro inferior.

Após nove anos do acidente, o paciente ainda sente dores fantasma, porém em uma frequência bem menor.

- Entrevistado "J"

Em entrevista concedida as estudantes, no dia 25 de novembro de 2013, o atleta para-olímpico, já considerado por duas vezes o melhor das Américas em sua modalidade, tênis de mesa, pode-se conhecer a história de vida desse cidadão, as dificuldades enfrentadas, a causa da amputação, o processo de reabilitação, a utilização da prótese e como conseguiu através do esporte maior reconhecimento e qualidade de vida.

Aos 21 anos o entrevistado desenvolveu um câncer no joelho, em 1993, em decorrência de esforços praticando esportes. A partir disso começou a utilizar muletas e seis anos depois, em 1999, ocorreu a amputação da perna esquerda. Para sua primeira prótese, o atleta procurou a APR e não teve uma experiência muito agradável. Não pela demora no atendimento, mas pela qualidade do produto oferecido pela instituição. As dificuldades com o artefato foram tantas, que "J" se desencorajou a utilizar essa prótese, além de que não teve um preparo após adquirir a prótese, de como utilizá-la. Causava muito desconforto e acabou não sendo utilizada.

Diante do desejo de continuar trabalhando, por meio do INSS, o auxílio que seria oferecido para aposentadoria por invalidez, o paciente preferiu que isso fosse convertido em uma prótese de melhor qualidade, para que pudesse voltar ao mercado de trabalho. Todo o tratamento também foi realizado pelo INSS. Desse modo que foi conseguido voltar a andar sem auxílio de muletas. O atleta que morava em uma cidade próxima a Curitiba, acabou mudando-se para a capital, já que realizava o acompanhamento fisioterápico nesta cidade e na sequência conheceu a ADFP. Mas após o tratamento realizado pela Ortopédica, não foi necessário mais acompanhamento, tanto que, nunca procurou ajuda psicológica para superar as dificuldades após a amputação.

Começou a jogar basquete, pela estatura, após a perda do membro, realizava os treinos na ADFP e assim descobriu o tênis de mesa, após isso muito treino até a consolidação como um atleta vitorioso. Hoje vive apenas do esporte.

Quando questionado como foi o processo mais detalhada do processo de confecção da prótese na APR, e sobre o porque da frustração ao receber o artefato, o atleta explicou que o engessamento do coto demorou aproximadamente uma hora e que obteve o produto final, acredita ele, que em um mês também. Como isso aconteceu faz muito tempo, as informações não foram tão precisas. Mas um fator importante e que o paciente não esquece é o quão desmotivador foi receber a prótese, sendo que era muito feia e que a expectativa que tinha era muito superior ao que foi oferecido. Além de que não teve preparação do coto, os músculos do atleta estavam atrofiados, e a prótese era muito incômoda, ou seja, nunca chegou a ser incorporada no seu dia-a-dia.

Como não teve um cuidado o preparo para a utilização da prótese, o medalhista olímpico contou que com a utilização do utensílio o coto perde massa muscular e acaba ganhando mais líquido e que em pouco tempo diminui de tamanho. Com isso, o cartucho deve ser ajustado, até que ele pare de sofrer variações, cuidado que não foi tomado logo a primeira vez que recebeu sua prótese. Outra observação importante apontada foi que inicialmente o fator estético era muito importante para o atleta, que esse atributo é muito importante para a adequação e a aceitação da prótese.

Outro fator que o paciente explora para salientar a importância e o benefício do uso da prótese é que utilizando uma calça, uma prótese exoesquelética, não fica evidente, podendo ser confundida com uma perna. As pessoas dificilmente reparam nesses casos, o que só fica evidente com o uso de uma bermuda.

Ao todo o atleta já teve três próteses, sendo que a primeira, feita na APR nem chegou a ser utilizada. As outras duas confeccionadas na Ortopédica Catarinense já possibilitaram a paciente uma melhor condição de vida. Desde 2007 que o entrevistado utiliza a mesma prótese e diz que só realizou a troca por uma nova pelo fato de ter estragado uma peça que não compensava a troca. Sempre foi o próprio que fez a manutenção de sua prótese. Com a substituição por um equipamento novo, o mecanismo utilizado na articulação do joelho também foi alterado. Além da utilização de uma luva de silicone, que evita o contato direto com a prótese e facilita o encaixe do coto ao cartucho. Mas todas essas vantagens foram possibilitadas por investimento particular do medalhista olímpico.

Quando questionado sobre as principais causas desmotivadoras do uso da prótese ele foi categórico em afirmar que a qualidade do produto é essencial. A falta de estrutura das cidades para oferecer suporte aos deficientes também foi citado e Curitiba, pela perspectiva do entrevistado, foi citada como uma referência em relação a esse quesito. Sobre os pontos positivos, salientou à respeito da liberdade e auto-estima. O que fica evidente também pela escolha do atleta em abdicar da aposentadoria, para que voltasse a trabalhar. O desafio de voltar a ativa é grande, a sociedade ainda é muito preconceituosa, principalmente logo após a perda e com todas as questões psicológicas envolvidas, mas que a possibilidade de independência é extremamente importante. Assim como ter novamente a liberdade dos membros superiores, o que não é possibilitado com a utilização de muletas.

Em relação a experiências pessoais, “J” afirmou ter tido muita dificuldade inicial para reaprender a andar, pois, em decorrência do câncer, passou alguns anos impossibilitado de realizar esses movimentos. O coto estava atrofiado e o trabalho fisioterápico foi intenso, o que realça a incapacidade do atleta de ter utilizado a prótese oferecida pela APR, pois naquela situação o suporte foi mais limitado. Hoje em dia, possui autonomia para desempenhar todas as atividades que se interessa. Encontrou no tênis de mesa, além de um esporte, um meio de viver pelo esporte. Medalhista olímpico, duas vezes considerado o melhor das Américas, tendo viajado o mundo em competições, é referência e uma inspiração para outras pessoas que se encontram na mesma condição, que possuem alguma amputação e até para todos os outros, que apenas conhecem e admiram sua história de vida. Por questões de saúde e orientações médicas joga sentado e para evitar forçar demais o corpo, o que poderia resultar em maiores problemas vinculados ao câncer que lhe causou a amputação anos atrás.

Sobre seu modo de vida hoje, pontos muito importantes levantados por ele é sobre o modo como as pessoas direcionam suas atenções para os problemas alheio. Que muitas vezes as pessoas que desempenham as atividades, que criam leis, objetos para contemplar as pessoas com necessidades especiais, acabam não tendo contato direto com os reais interessados. O que é um problema, pois essas pessoas não entendem as reais dificuldades, limitações e anseios desses que realmente precisam e sabem o que é adequado ao seu estilo de vida. Como exemplo, o atleta citou as regras do DETRAN, que segundo a experiência de vida do próprio o impossibilitariam de dirigir seu próprio carro. Segundo as leis vigentes, o entrevistado estaria contra o regulamento de adequação ao deficiente físico, sendo que não é considerado o modo que é melhor adaptável as limitações do atleta. O que gera um grande paradoxo, em relação ao que é importante, quem desempenha a função de analisar e propor melhorias para o bem estar do deficiente físico, sem realmente levar em consideração a opinião daqueles que entendem do assunto, das pessoas que convivem com as dificuldades de se adequar a sociedade e a acessibilidade proposta diariamente.

Encerrou a entrevista sendo muito solícito e mostrando muito interesse em cooperar com o projeto, se dispondo até a fazer testes, quando tiver protótipos e modelos disponíveis.

APÊNDICE B – Entrevista com a Fisioterapeuta

ADFP - 21/11/13

Entrevista com a fisioterapeuta Isabel Cristina Bini. O termo de concessão de entrevista está sob a posse das graduandas e da entrevistada.

No dia 21 de novembro de 2013 foi realizada uma visita a Associação de Deficientes Físicos do Paraná (ADFP), em que as graduandas puderam conversar com a fisioterapeuta e professora Isabel Bini que acompanha o trabalho de reabilitação dos pacientes amputados nesta mesma instituição.

A profissional explicou sobre como a instituição atua no processo de preparo do indivíduo amputado para que esse possa vir a utilizar uma prótese. Essas amputações, normalmente, são traumáticas, ou seja, provenientes de acidentes repentinos. Na maioria dos casos os pacientes demoram até optarem pela utilização de uma prótese. Muitas vezes demoram anos até procurarem auxílio, o que influencia diretamente no tratamento oferecido a pessoa. Após o trauma, ao desempenhar as atividades rotineiras, o indivíduo adquire vícios posturais e musculares que precisam ser trabalhados para que esse seja considerado apto a utilizar a prótese. Outro fator de maior relevância que possibilita ao paciente, salientado pela fisioterapeuta é a utilização da prótese é a condição do coto. Aqueles que demoram demais a procurar atendimento podem apresentar flacidez, ou até mesmo, acabam não tendo quantidade de pele suficiente para envolver o coto. Esta condição inviabiliza a utilização da prótese, resultado de um operário tardio, em que também as chances de operações para reverter o caso são mais escassas. Ou seja, o ideal para uma reabilitação mais rápida e eficaz é quando se trata de uma amputação recente.

Assim como explica Isabel, o foco de trabalho desenvolvido é proporcionar a paciente qualidade de vida e, conseqüentemente, buscando deixar o paciente o mais próximo possível de sua condição anterior à amputação. Desse modo o trabalho psicológico se faz essencial, além do apoio da família. Esses são quesitos primordiais para facilitar o processo. Pessoas amputadas, ainda hoje sofrem muito preconceito, pois o caráter estético, para os padrões sociais ainda possui muito valor. Conforme relata a Bini, muitos dos pacientes demoram até aceitar sua nova condição física e muitas vezes os próprios parentes não possibilitam ao paciente uma contexto familiar adequado. A perda de um membro pode causar um trauma psicológico mais grave que ao pacientes do que se esse tivesse problemas cronológicos, ou outras doenças que não afetam a estética, pois é por meio dessa característica que os seres humanos se reconhecem e estabelecem as relações sociais.

Após a aceitação, o desenvolvimento do trabalho psicológico, que começa o trabalho fisioterápico. Os pacientes são analisados de acordo com seus casos

específicos, por isso não há uma metodologia unilateral que possa atender a todos. Primeiramente é analisada a condição do coto, esse possuindo as características necessárias, que se inicia o processo de correção de vícios posturais e fortalecimento dos músculos. Trabalha-se não apenas os movimentos das articulações do coto, como também a postura do paciente, esses que se utilizam de muletas após a perda do membro, o que representa sobre carga nos músculos superiores, ombros e braços. Dessa maneira, há um trabalho completo que visa restabelecer as condições mínimas para que o paciente aprenda a utilizar a prótese e que tenha total liberdade dos membros superiores, assim explica a profissional. Observações que endossam a argumentação anteriormente exposta, que quanto antes o paciente procurar suporte para o processo de reabilitação, mais rápido será o processo e muito mais fácil será o processo desenvolvido em relação ao paciente, há menos riscos do coto atrofiar.

Normalmente as pessoas acabam não procurando a ADFP como primeira alternativa à reabilitação. Até porque a APR (Associação Paranaense de Reabilitação) também desenvolve trabalhos com os amputados, já que é essa a responsável, pela confecção das próteses. Do momento que há a solicitação da prótese, a APR oferece ao paciente suporte para adaptação durante um período de tempo 3 meses, sendo que após isso há a restrição de acompanhamento apenas para casos de ajustes. Desse modo que a ADFP se mantém mais presente continuamente e se dispõe a um acompanhamento pelo tempo que o paciente necessitar. Em alguns casos, em dias específicos, a instituição reserva horários especiais, para que pacientes de longa data possam ser atendidos, mantendo a continuidade do tratamento, pois tratam-se de casos controversos, em que é evidente que, se houver a descontinuidade do auxílio, essas pessoas não teriam o mesmo incentivo para cuidarem de sua saúde, podendo até cessar os avanços conquistados com o tratamento e vindo a diminuir a qualidade de vida desses indivíduos. Há também instituições privadas que oferecem tratamento aos pacientes, como por exemplo em Curitiba - Pr, a referência nesse segmento é a Ortopédica Catarinense, empresa que além do suporte terapêutico, também oferece próteses e órteses.

Portanto, não há um critério básico que defina a ordem com que a pessoa irá procurar auxílio e onde isso será feito. Alguns iniciam a fisioterapia na ADFP, para posteriormente fazer a prótese na APR, assim como outros fazem o processo inverso. O que é necessário salientar, assim como descreve Isabel Bini é o fato de que em todos os casos é fundamental um preparo anterior a utilização da prótese e após o paciente adquirir esse artefato.

Alguns dos fatores que contribuem para muitas pessoas não utilizarem a prótese são desde dificuldades com adaptação, quando esses não procuram tratamento gratuito ou particular, como o oferecido pela ADFP, alergia ao material e o motivo principal é a persistência da dor. Os procedimentos realizados são todos desenvolvidos para melhorar a qualidade de vida do paciente, quando há incidência de sofrimento contínuo, sem desenvolvimento e retorno positivo, não há como haver

o desenvolvimento do processo. Tudo que possa trazer prejuízo a saúde psicológica e integridade física do paciente são vetadas.

A fisioterapia conforme explica a professora, se utiliza de vários equipamentos e métodos distintos, que se aplicam de acordo com o quadro e necessidades do paciente. Necessita-se trabalhar o equilíbrio da pessoa e como se dá a distribuição de peso, para que o paciente reaprenda a deambular, o mais próximo da condição anterior a perda do membro. Desse modo exercícios aeróbicos, utilização de pesos, caneleiras, barras de apoio são aplicados, além de técnicas como a eletroterapia que tem por finalidade aliviar a dor localizada - como por exemplo nos casos em que o paciente desenvolve bursite, pela má postura ao uso das muletas. Mas expresso pela profissional várias vezes durante a entrevista, cada caso é específico e precisa ser elaborado o tratamento de acordo com as necessidades de cada pessoa. Além do acompanhamento psicológico e terapêutico auxiliar e ocupacional que também são oferecidos pela ADFP.

Outro ponto ressaltado por Bini é quanto a expectativa das pessoas que procuram a ADFP, normalmente trata-se de pessoas com um nível cultural inferior, que possuem menos instrução. De modo que, não possuem consciência de todo o contexto que envolve a reabilitação, o que os leva a crer que após adquirir a prótese, a solução é instantânea e o paciente não terá mais dificuldades locomotoras. Além de vários que negam a utilização da prótese, que não acreditam nos benefícios que esse equipamento pode trazer e que a acham feia. Ou que têm vergonha de utilizar, de tornar público a ausência do membro e a necessidade de ajuda para possuir uma vida social ativa.

Após a conversa com a profissional, as graduandas puderam conhecer a área em que são desenvolvidas as atividades com os pacientes, não apenas os que possuem amputação, mas todos aqueles que necessitam da ADFP. Os profissionais que auxiliam os pacientes são acadêmicos do Dom Bosco, do curso de fisioterapia, todos orientados por Isabel Bini.

APÊNDICE C – Entrevista com a Psicóloga.

ADFP - 21/11/13

Entrevista com a psicóloga Talita Barbi Hermann. O termo de concessão de entrevista está sob a posse das graduandas e da entrevistada.

Em entrevista concedida às graduandas no dia 21 de novembro de 2013, a psicóloga da Associação de Deficientes Físicos Paranaense, Talita Barbi Hermann, relatou detalhes do procedimento de reabilitação realizado juntamente ao paciente amputado para receber a prótese.

A profissional discorre sobre a pós amputação, como se dá o comportamento do paciente perante a nova situação física, descreve o método baseado em conceitos da Psicologia aplicado no tratamento e a importância da família nesse processo.

É sabido que com a perda o transtorno psicológico enfrentado pelo amputado é enorme. Diante disso e tendo por base que cada indivíduo é único e singular, Hermann, relata que cada procedimento aplicado é definido de acordo com a situação do paciente em questão.

A psicóloga narra o que comumente ocorre na maioria dos casos de amputação: a vítima, mesmo sem uma parte de si, consegue sentir o membro faltante. O que é conhecido na psicologia como "membro fantasma". O indivíduo - segundo experiências já adquiridas pela profissional - sente cócegas, coceira, fortes dores, ou seja, ainda recebe estímulos psicológicos que são interpretados de modo a representar que aquele membro ainda existisse. O que de fato não é possível. Para que isso seja superado é feito um trabalho conjunto, para que o paciente tenha total ciência de seu novo estado corporal e que isso se reflita no seu estado psicológico. Difícil é determinar quanto tempo esse processo durará, pois há relatos de pacientes que após muitos anos ainda sentiam a sensação de ter o membro presente.

A profissional comenta também que não trabalhou com pacientes que tenham negado a utilização da prótese. Em contra partida, queixam-se quando se trata da utilização de cadeira de rodas. O que comprova a afirmação acima exposta, recorrendo, então, à prótese. A partir disso, os pacientes reclamam do encaixe do cartucho, que fica em contato direto com a pele do coto, o que ocasiona ferimentos. Desse modo, a opção encontrada é o uso da muleta até que o ferimento se cure. O trabalho da psicóloga não é feito isolado dos outros oferecidos pela instituição, para o tratamento do amputado. É realizado em um contexto mais amplo, agregando as demais áreas que promovem a assistência ao amputado, como por exemplo a fisioterapia. Fato que torna o trabalho mais específico e direcionado, trazendo ótimos resultados ao paciente em tratamento.

Dentro da área de psicologia existem várias abordagens para realizar um tratamento. O utilizado pela psicóloga da associação é o método da psicologia

cognitiva comportamental. Onde “pensar, comportar e sentir” estão intrinsecamente ligados. Nesse processo a profissional demonstra em diálogos e exercícios práticos as principais necessidades que o paciente precisa suprir e compreender sobre sua nova condição.

Para que o tratamento psicológico tenha resultados rápidos e significativos depende muito da cooperação do paciente, e dos seus familiares. Isso significa que o trabalho exercido dentro do consultório médico deve se estender, em todos os âmbitos, na vida do amputado. Em alguns casos os parentes têm uma visão negativa ou até mesmo, subestimam a capacidade do paciente e acabam atrapalhando a recuperação deste.

APÊNDICE D – Entrevista com o diretor da APR.**APR - 05/12/13****Entrevista com o técnico responsável pela fábrica da APR - Paulo Cesar Costa. O termo de concessão de entrevista está sob a posse das graduandas e do entrevistado.**

Conforme entrevista realizada com o técnico responsável pela fábrica da APR (Associação Paranaense de Reabilitação) Paulo Cesar Costa no dia 05 de dezembro de 2013, inicialmente quando questionado sobre como funciona o processo de requerimento de uma prótese o profissional explica o paciente chega a instituição por meio de demanda da unidade de saúde regional a qual essa pessoa pertence. Isso para produtos oferecidos pelo Sistema Único de Saúde, o SUS. Quando se trata de caso particular, o processo é diferente, neste caso, o contato é direto na APR.

No Paraná existem 3 regionais que atendem aos pacientes: A FAG, localizada em Cascavel, a APR, em Curitiba e uma terceira que o profissional naquele momento não lembrava ao certo onde se localiza.

Para a solicitação de próteses para a cidade de Curitiba é muito mais rápida que na região metropolitana, o técnico justifica a disparidade pela verba que é destinada a cada lugar. A demora para adquirir a prótese pode chegar até um ano, no segundo caso, como esclarece Costa.

Do processo de requerimento, é feita uma triagem e depois o paciente é encaminhado para assistente social, psicólogo, técnico e terapeuta que irão acompanhá-lo até a alta do paciente. Primeiramente a consulta com o médico que faz o prontuário e decide qual prótese será aplicada ao paciente em questão. Em seguida os papeis são encaminhados ao SUS, para gerar a autorização de confecção do artefato. Esse processo demora, em torno de 45, 60 dias. Após isso a APR tem um período de 90 dias para entregar o produto ao paciente.

O indivíduo passa por uma avaliação global e na sequência são tiradas as medidas do coto para fazer o cartucho da prótese. Este processo de utiliza o gesso para conformar o corpo do indivíduo adequadamente, o processo de ratificação do molde. A partir disso é feito a parte positiva, o molde propriamente dito, também em gesso, nessa etapa é feito o estudo de posição de ossos, tecidos e músculos. De que modo será feito o encaixe para esse não aperte em áreas rígidas do corpo, podendo machucar o paciente, mas que tenha boa fixação em outras áreas moles, onde estão apenas os músculos. Na sequência a laminação da peça sobre esta estrutura em gesso, de acordo com o material disponível. Neste caso pode ser fibra de carbono, termoformados, como o polipropileno, resina. Quanto aos materiais, de modo geral utiliza-se polipropileno, pela facilidade de conformação e financeira. Além do que, é mais fácil de trabalhar juntamente ao gesso, pois esse não precisa

estar completamente seco para fazer a laminação. Ao contrário dos outros casos, em que o gesso acaba absorvendo muito mais umidade e nesta condição fica inviável realizar a laminação. Quando se utiliza resina, ou termoclear, consegue-se ter uma melhor visualização do coto dentro do encaixe. Outro material que é utilizado é a fibra de carbono, mas neste caso apenas para próteses particulares.

Para cada tipo de processo acima citado é feita uma preparação diferente ao molde. A superfície de contato com o material é distinta e possui as características necessárias para que a peça possa ser facilmente desmoldada, mas Costa não detalha muito este processo.

Após receber a prótese o paciente começa as sessões de fisioterapia. Normalmente o tratamento é realizado em três meses, para pessoas recém amputadas. A liberação só pode ser feita pelo mesmo médico que iniciou o processo de avaliação do indivíduo, na primeira consulta.

Quando questionado dos tipos de próteses que são fabricadas pela instituição, Paulo Cesar endossa que, de acordo com o desenvolvimento tecnológico, hoje em dia não é mais utilizado próteses exoesqueléticas em larga escala. Apenas para alguns casos de amputações transtibiais. Este tipo de prótese é feita em madeira e não possui a mesma qualidade oferecida pelas endoesqueléticas, que possuem suporte de metal, joelhos que podem ser trocados com maior facilidade. No caso daquela, a estrutura de sustentação já é a carenagem que dá forma a perna e a torna similar a um membro inferior, enquanto nessa outra para tornar a perna o mais próximo da anatomia humana os tubos são revestidos com espuma de poliuretano. Essa espuma é desbastada manualmente. Há a necessidade de medir com um papel ou com uma fita e a partir disso transpor os dados para o PU. O técnico responsável na APR afirma que este método de confecção da carenagem em próteses endoesqueléticas é único no mundo inteiro. Após a lapidação do material, para que a peça fique na cor da pele do paciente, normalmente utiliza-se meia, ou então é realizada uma pintura sobre o material, mas essa segunda alternativa ainda é muito cara. Em contrapartida a todas as diferenças acima citadas, em comum elas possuem o modo de fabricação do encaixe, situação já descrita anteriormente.

Apesar da APR ser responsável por toda a demanda das próteses oferecidas pelo SUS, tanto de Curitiba, como também da região metropolitana, ainda atende demandas particulares, que são também em grande número.

De modo geral, o Paulo Cesar Costa afirma que o mais importante numa prótese é um bom encaixe, que promova uma boa fixação do coto, além do conforto. Quando o paciente sofre assaduras ou bolhas por utilizar esse artefato, isso faz com que ele se desmotive muito rápido. Questões que envolvem o peso não estão diretamente ligadas ao uso do produto. Mas uma relação que pode ser feita sobre esse tema é, quanto mais alta tecnologia o artefato possuir, mais pesada será a prótese. Algo que ajuda a melhorar a fixação da prótese são as fitas de silicones que comprimem e isolam o coto do contato direto com a prótese, mas não podem ser oferecidas para o SUS, pois encarecem consideravelmente o produto.

Cada prótese é feita de acordo com as necessidades do paciente. Se esse estiver em idade produtiva, trabalhar e executar uma função que careça de um artefato mais resistente e que possua características específicas, a instituição tem o dever de atender e de oferecer o produto adequado.

Sobre os tipos de próteses que são disponibilizadas para a população gratuitamente, o técnico afirma que a compra dos mecanismos depende do momento financeiro a qual a instituição passa. Normalmente há a preferência por comprar peças da fabricante alemã OTTO BOCK, pois são muito mais duráveis e de melhor qualidade que a concorrente nacional, Polior. Para o SUS, é sempre oferecido o mesmo tipo de joelho, o mono eixo, pelo auto custo, já que esse é o componente mais caro de uma prótese.

A cada dois anos, todo o indivíduo amputado tem direito a solicitar uma nova prótese subsidiada pelo governo. Este processo é feito exatamente do mesmo modo de quando o paciente tem que solicitar a primeira prótese. Efetua a solicitação pela regional de saúde, passa pela assistente social e na sequência é direcionado a APR. Outra informação importante salientada por Costa é sobre o fato desses artefatos possuírem garantia de 18 meses. Nesse período, qualquer problema que aconteça e que o produto necessite de manutenção o paciente deve procurar a APR e pedir os ajustes necessários, sem que para isso tenha que entrar em fila de espera ou que tenha que desembolsar alguma quantia em dinheiro.

Durante a entrevista, o técnico contou um pouco sobre a evolução da prótese. Mostrou próteses antigas feitas em alumínio, pela própria APR. Relatou como que o processo de concepção do produto era feito manualmente, do início ao fim, com martelo e também contou que o primeiro registro feito de uma prótese, pintada, está no Museu do Louvre. Após isso foi feita uma visita para ver como é feita a divisão do trabalho dentro da instituição. As áreas distintas e como os funcionários trabalham e preparam os materiais para conceberem os cartuchos e as carenagens em poliuretano. No final da entrevista Paulo Cesar Costa foi muito atencioso em se dispor a ajudar com novas dúvidas e a novas visitas a APR, sempre que necessário.

APÊNDICE E – Entrevista com o professor de anatomia.

UTFPR - 15/04/13

Entrevista com o professor de anatomia Oslei de Matos. O termo de concessão de entrevista está sob a posse das graduandas e do entrevistado.

O professor Oslei de Matos do departamento de Educação Física da UTFPR, em entrevista concedida no dia 15 de abril de 2013, pode compartilhar com as graduandas seu conhecimento sobre a anatomia humana. O docente já teve experiência na área de confecção de prótese, o que torna seu relato bastante enriquecedor para o trabalho desenvolvido.

A procura por um profissional dessa área justifica-se pela compreensão de como se estabelece a formação corpórea. Com o intuito de transferir esses conhecimentos para a modelagem do membro inferior.

De acordo com o professor, para um amputado a primeira função observada numa prótese é a questão funcional. Procura-se um equipamento que de a condição de deambulação do movimento. Considerando que o coto do paciente tem que ter um tamanho considerável para o encaixe da prótese. Ao contrário fica inviável o uso do equipamento. Matos completa, o importante para o indivíduo nesse momento é poder voltar a andar. Depois considera-se a questão estética do produto.

Com base nesse último fator explicado pelo profissional, a questão anatômica de um membro artificial ser semelhante ao corpo do paciente, poderia facilitar a aceitação da nova condição física.

Quando questionado sobre a diferença anatômica entre os corpos feminino e masculino, Matos relata que entre essas duas estruturas não há diferença, é exatamente igual. O que pode diferenciar é a questão hormonal na mulher, que confere mais volume ao corpo, ao contrário do homem que é influenciado pela predominância dos músculos.

Mas para o objetivo do trabalho o professor explica que o que interessará na modelagem será as formas externas do corpo, e não a minuciosidade de conhecimentos sobre as composições internas do membro inferior.

Ainda nessa entrevista o professor sugeriu as graduandas o uso de uma máquina utilizada no departamento de Educação Física que escaneia o corpo humano a fim de estipular valores calóricos, a quantidade de gordura no corpo, a estrutura óssea, entre outros fatores. Porém tal equipamento não atende aos requisitos do trabalho que visa uma tecnologia viável economicamente e que possa atingir as mais diversas regiões. Ao contrário da máquina que devido ao seu porte, inviabiliza seu transporte, assim como o preço de um produto como esse.

APÊNDICE F – Entrevista com diretor da FENAP

FENAP - 12/12/13

Entrevista com o diretor da Richard Boyer. O termo de concessão de entrevista está sob a posse das graduandas e do entrevistado.

Em visita realizada a empresa FENAP que produz e fabrica produtos a partir do poliuretano pode-se ter maior conhecimento da amplitude de aplicação deste material dentro da indústria e também no uso cotidiano. O profissional que nos guiou durante a visita, Richard Boyer salientou a diferença de densidade deste material e como a partir disso, esse produto pode assumir características distintas, podendo ser tão resistente e duro sendo aplicado a indústria automotiva ou estrutural, e em contrapartida assumindo características de conformação extrema por expandimento, no caso conhecido como a espuma, tão presente em nossas vidas.

Boyer mostrou todas as máquinas utilizadas para fabricar os produtos comercializados pela empresa. Devido a reação de dois componentes químicos distintos. No caso um diisocianato e um diol, esses reagentes produzem uma reação que expande as unidades químicas, resultando em um produto com dimensões muito maiores aos componentes, no estado original. Para trabalhar com esse tipo de material a utilização de moldes é essencial. O produto é injetado e a partir do processo químico acaba assumindo a forma desejada. Por ser uma reação química intensa, que desprende muito calor são utilizados moldes de metal, muito mais resistentes e todas as máquinas também necessitam de uma estrutura forte para suportar os efeitos da mistura dos componentes.

Este produto possui muitas características e propriedades que o tornam tão bem aceito industrialmente e uma infinidade de aplicações. Tem a característica de aderir a outros materiais durante o processo de expansão, o que possibilita que estruturas rígidas sejam acopladas aos moldes, fazendo com que fiquem completamente imersos no poliuretano. É resistente a abrasão e corrosão, assim como a ação biológica de fungos, bactérias, possui ótimo isolamento térmico, baixo custo de fabricação, entre várias outras características que contribuem significativamente para a sua larga utilização.

Assim como descreve Boyer, todo o tipo de espuma é poliuretano e é dessa forma que esse material é mais conhecido.

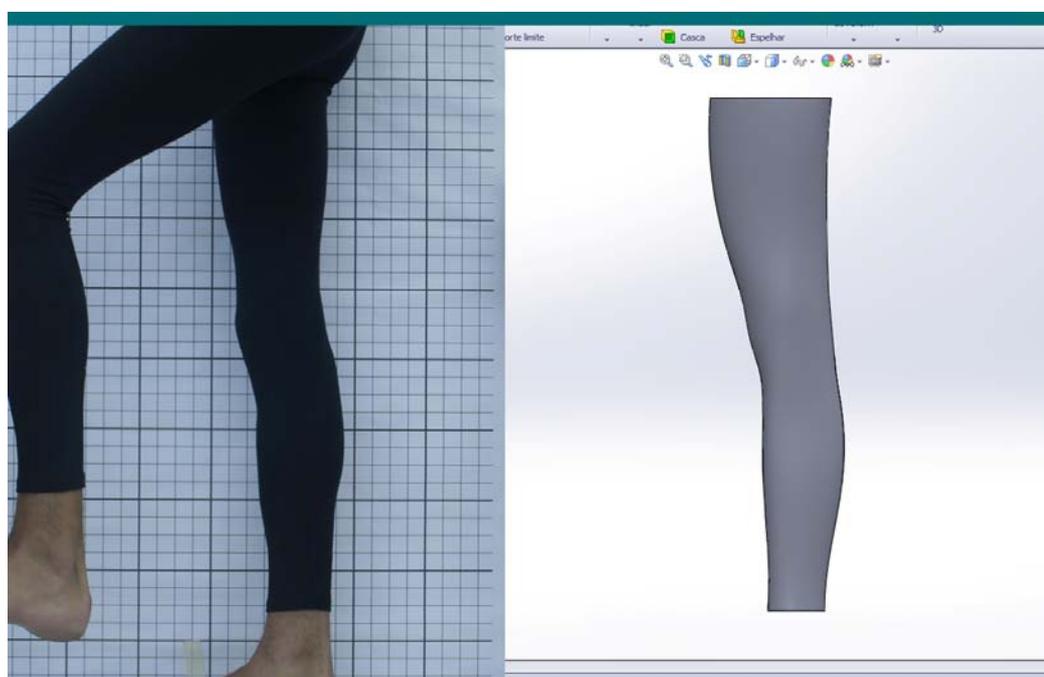
Pode-se ver de perto várias aplicações distintas do material e pode-se ver como muitos produtos da indústria de calçados, automotiva, de mineração, moveleira utilizam esse material. Além das aplicações em siderúrgicas, metalúrgicas.

Para a aplicação direta ao trabalho de conclusão de curso, pode-se ver como esse material se aplica perfeitamente as necessidades estabelecidas pelas graduandas. Por possuir tantas qualidades, como a resistência, não reagir com

diversos componentes químicos, por possuir fácil conformação e manipulação é um ótimo material para testar o modelo que pretendem-se ser usinado. Selecionando uma variedade deste material com uma resistência suficiente para ser modelada via controle numérico computadorizado mostrou-se ser a melhor opção de aplicação a ser utilizada pela equipe nos testes a serem escutados.

APÊNDICE G – Resultado das variações geradas a partir do modelo padrão de membro inferior.

Voluntário A - Vista frontal e lateral



Voluntário C - Vista frontal e lateral