



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIENCIA E TECNOLOGIA EM SAÚDE

DIOGO PONTES COSTA

**ELABORAÇÃO DE PROTOCOLO PARA CONFECÇÃO DE DISPOSITIVO
CORRETIVO OCULAR CUSTOMIZADO IMPRESSO 3D PARA CRIANÇAS
ACOMETIDAS COM MICROCEFALIA**

CAMPINA GRANDE – PB
2019

DIOGO PONTES COSTA

**ELABORAÇÃO DE PROTOCOLO PARA CONFECÇÃO DE DISPOSITIVO
CORRETIVO OCULAR CUSTOMIZADO IMPRESSO 3D PARA CRIANÇAS
ACOMETIDAS COM MICROCEFALIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção de título de Mestre em Ciência e Tecnologia em Saúde.

Área de Concentração: Desenvolvimento de dispositivos customizados aplicados à saúde impressos tridimensionalmente

Orientadora: Prof. Dra. Nadja Maria da Silva Oliveira

CAMPINA GRANDE – PB
2019

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

C837e Costa, Diogo Pontes.

Elaboração de protocolo para confecção de dispositivo corretivo ocular customizado impresso 3D para crianças acometidas com microcefalia [manuscrito] / Diogo Pontes Costa. - 2019.

210 p.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Profissional em Ciência e Tecnologia em Saúde) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2019.

"Orientação : Profa. Dra. Nadja Maria da Silva Oliveira, Departamento de Odontologia - CCBS."

1. Microcefalia. 2. Impressão tridimensional. 3. Tecnologia assistiva. 4. Projeto Auxiliado por Computador. I. Título

21. ed. CDD 600

DIOGO PONTES COSTA

**ELABORAÇÃO DE PROTOCOLO PARA CONFECÇÃO DE DISPOSITIVO
CORRETIVO OCULAR CUSTOMIZADO IMPRESSO 3D PARA CRIANÇAS
ACOMETIDAS COM MICROCEFALIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção de título de Mestre em Ciência e Tecnologia em Saúde.

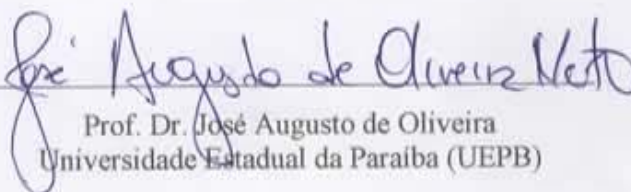
Área de concentração: Desenvolvimento de dispositivos customizados aplicados à saúde impressos tridimensionalmente

Aprovada em: 10/10/2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Nadja Maria da Silva Oliveira - Orientadora
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. José Augusto de Oliveira
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dr. Gustavo de Figueiredo Brito
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Ao SENHOR criador e sustentador de todas as coisas. Aos meus pais, irmãos e familiares; aos irmãos em Cristo; e, aos amigos e professores do PPGTS. Á Lis Costa, por toda dedicação, carinho e companheiro. Às crianças e familiares que carregam as dificuldades diárias da falta de assistência do nosso País.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor criador, sustentador de todas as coisas, por nos proporcionar todo conhecimento necessário para glorificá-lo na beleza da sua santidade - *solí deo gloria nunc et semper*.

À minha amada companheira Lis Costa, por todo auxílio e carinho nos momentos mais difíceis, não apenas desta, mas de todas as jornadas. Amo-te! “Mulher virtuosa quem a achará? O seu valor muito excede ao de rubis. O coração do seu marido está nela confiado; assim ele não necessitará de despojo. Ela só lhe faz bem, e não mal, todos os dias da sua vida. Busca lã e linho, e trabalha de boa vontade com suas mãos. Como o navio mercante, ela traz de longe o seu pão. Levanta-se, mesmo à noite, para dar de comer aos da casa, e distribuir a tarefa das servas. Examina uma propriedade e adquire-a; planta uma vinha com o fruto de suas mãos. Cinge os seus lombos de força, e fortalece os seus braços. Vê que é boa a sua mercadoria; e a sua lâmpada não se apaga de noite. Estende as suas mãos ao fuso, e suas mãos pegam na roca. Abre a sua mão ao pobre, e estende as suas mãos ao necessitado.” Provérbios 31:10-20.

Aos meus pais Gesiano Costa e Benedita Costa, aos meus irmãos Danillo Dehon e Camila, aos meus sobrinhos e a todos familiares que estiveram comigo nesta caminhada, e pela compreensão por minha ausência nas reuniões. Obrigado por tudo minha amada família!!!

Às profas. Dra. Renata e Dra. Kátia, coordenadoras do programa, por seu empenho. À professora Dra. Nadja Oliveira pelas reuniões e trabalhos que realizamos ao longo deste trabalho. Aos professores Drs. José Augusto, Gustavo Brito e Rafael Grempel pelas contribuições.

Aos professores do Mestrado da UEPB – Dr. Misael Moraes; Dra. Kátia Galdino; Dr. Daniel Scherer; Dr. Frederico Biblitz; Dr. Paulo Barbosa; Dr. Robson Pequeno; Dr. Leonado Alves; Dra. Ana Isabela; entre outros. que contribuíram ao longo dos meses, por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento desta pesquisa. Aos colegas de classe pelos momentos de amizade e apoio, em especial aos chegados do *GothamCity*, por aguentar um

designer de formação, e muito contribuir com minha formação pessoal, acadêmica e profissional.

Por fim, aos irmãos em Cristo da Igreja do Senhor, em especial aos da Igreja Presbiteriana do Alto Branco, na qual venho servindo há alguns anos. Obrigado por todas orações.

"Aqueles que se aferram à aquisição de dinheiro e que usam a piedade para granjearem lucros, tornam-se culpados de sacrilégio."

João Calvino.

RESUMO

Este estudo foi realizado no Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba - Paraíba, onde se propõe a realizar uma pesquisa relativa aos temas concernentes ao sistema CAD/CAM, observando suas principais características e aplicações à saúde. Além disso, tem-se como objetivo principal o desenvolvimento de um protocolo para materialização de armação de óculos para crianças com Microcefalia, sendo desenvolvido por meio de um software de criação virtual de código aberto (OnShape) e obtido por Impressão tridimensional pelo processamento de *Filament Deposition Modeling* – FDM, utilizando o filamento de Poliuretano (TPU) como material. Inicialmente, apresenta-se os principais temas para a fundamentação da proposta de projeto, as informações acerca das Tecnologias Assistivas e do desenvolvimento das tecnologias de manufatura aditiva aplicadas à saúde. Além disso, observa-se a presença do procedimento a ser adotada no projeto e da indicação da necessidade uma Revisão Sistemática e do levantamento de dados antropométricos da cabeça das crianças. Posteriormente, realizou-se o desenvolvimento da Revisão, o qual teve como auxílio a ferramenta Start®, contendo os objetivos e questões da revisão, métodos de buscas e procedimentos de seleção, critérios de inclusão e exclusão, extração e sumarização dos resultados, idiomas de busca, além das descrições das rodadas com as *strings*. Ademais, foi realizada uma coleta de dados com as medidas faciais antropométricas das crianças e submete-las à análise com intuito de extrair as médias e com isso criar um humanoide 3D que foi utilizado como suporte no desenvolvimento da propostas, visto que assim, foi possível desenvolver alguns testes de interação com o dispositivo, antes mesmo de ser impresso tridimensionalmente. Então, após essa criação, foi possível partir para o desenvolvimento do dispositivo e criação do protocolo, onde contou com o uso dos softwares livres de modelagem virtual, com a utilização das impressoras 3D, bem com o processo de pós-acabamento. Posteriormente, realizou-se um teste para validação do protocolo da criação da armação com alguns projetistas, afim de melhorá-lo e mitigar as possíveis falhas. Por fim, o arquivo CAD da armação de óculo foi disponibilizado, gratuitamente, em plataformas digitais, afim de serem utilizados em laboratórios da rede SUS.

Palavras-Chave: Tecnologia Assistiva. Impressão Tridimensional. Projeto Auxiliado por Computador. Microcefalia.

ABSTRACT

This study was conducted at the *Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba* - Paraíba, where a research related to issues related to the CAD/CAM system was conducted, observing its main characteristics and applications in health. In addition, the main objective is the development of a protocol for the materialization of glasses frame for children with microcephaly, being developed through open virtual code creation software (OnShape) and used by three-dimensional printing by filament processing. Deposition - FDM, using the Polyurethane (TPU) filament as material. Initially, the main themes of the project proposal are presented, such as information on assistive technologies and development of additive manufacturing technologies applied to health. Also, note the presence of a procedure adopted in the project and the indication of the need for a Systematic Review and anthropometric survey of children's head. Subsequently, review or develop the Review, or which was aided by the Start® tool, including review objectives and questions, search methods and selection procedures, inclusion and exclusion constraints, extraction and summarization of results, search languages , in addition to descriptions of rounds such as strings. In addition, data were collected with the anthropometric facial measurements of the children and subject them to analysis in order to extract as media and this creates a 3D humanoid that was used as support in the development of tests, since thus, It was possible to develop some interaction tests with the device, even before being printed three-dimensionally. Then, after this creation, it was possible to start the development of the device and create the protocol, where we rely on the use of free virtual modeling software, using 3D printers, as well as the post-finishing process. Subsequently, perform a weapon design protocol validation test with some designers to improve it and mitigate potential failures. Finally, the CAD file of the eyeglass frame was made available, free of charge, on digital platforms, in order to be used in laboratories of the SUS network.

Keywords: Assistives Technologys. Printing Three-Dimensional. Computer-Aided Design. Microcephaly.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MODELO DE ÓCULOS UTILIZADO NA FAV.	28
FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO DAS PRINCIPAIS ETAPAS DO PROCESSO DE AM... 29	
FIGURA 3 - ILUSTRAÇÃO DO PROCESSO POR <i>FDM</i>	32
FIGURA 4 - ILUSTRAÇÃO DO PROCESSO <i>SLA</i>	33
FIGURA 5 - ILUSTRAÇÃO DO PROCESSO DE <i>SLS</i>	34
FIGURA 6 - PLANEJAMENTO DO MODELO CAD E IMPRESSO EM 3D	36
FIGURA 7 - MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS FACIAL.	51
FIGURA 8 - PAQUÍMETRO DIGITAL.....	52
FIGURA 9 - TRENA ANTROPOMÉTRICA.....	52
FIGURA 10 - MATERIAIS PARA HIGIENIZAÇÃO.....	53
FIGURA 11 - BASE QUADRICULADA VERDE	53
FIGURA 12 - LOGOTIPO DO MAKEHUMAN	54
FIGURA 13 - SOFTWARE BLENDER	54
FIGURA 14 - INTERFACE DO SOFTWARE ONSHAPE.	54
FIGURA 15 - IMPRESSORAS 3DS - TEVO TORNADO E FORM 2	55
FIGURA 16 - COLETA DE DADOS ANTROPOMÉTRICOS	57
FIGURA 17 - APLICAÇÃO DAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS	59
FIGURA 18 - ÓRTESE MEMBRO SUPERIOR.....	61
FIGURA 19 - CARACTERÍSTICAS DO DISPOSITIVO	64
FIGURA 20 - DESENVOLVIMENTO DAS ALTERNATIVAS.	65
FIGURA 21 - ESTUDO DA ESCALA DO PRODUTO.	65
FIGURA 22 - MODELAGEM DA PRIMEIRA OPÇÃO.....	66
FIGURA 23 - INTERAÇÃO PRIMEIRO PRODUTO E HUMANOIDE NO BLENDER.....	66
FIGURA 24 - IMPRESSÃO DO PRIMEIRO MODELO.....	67
FIGURA 25 - INTERAÇÃO SEGUNDO PRODUTO E HUMANOIDE NO BLENDER.....	67
FIGURA 26 – IMPRESSÃO MODELO B	68
FIGURA 27 - IMAGEM VIRTUAL DA TERCEIRA PROPOSTA	69
FIGURA 28 - CONSTRUÇÃO DO ESBOÇO PRINCIPAL NO SOFTWARE ONSHAPE. ..	70
FIGURA 29 - APLICAÇÃO DA FERRAMENTA <i>EXTRUDE</i>	71
FIGURA 30 - CONSTRUÇÃO DO <i>SKETCH 2</i>	72
FIGURA 31 - CONSTRUÇÃO DO <i>EXTRUDE 2</i>	72
FIGURA 32 - APLICAÇÃO DO <i>MIRROR 01</i>	73

FIGURA 33 - CONSTRUÇÃO DO SKETCH 03.....	73
FIGURA 34 - APLICAÇÃO DO <i>EXTRUDE</i> 03.....	74
FIGURA 35 - APLICAÇÃO DO <i>FILLET</i> 01	74
FIGURA 36 - <i>MIRROR</i> 2	75
FIGURA 37 - <i>FILLET</i> 02.....	75
FIGURA 38 - <i>SKETCH/EXTRUDE</i> 4 E 5	76
FIGURA 39 - <i>SKETCH/EXTRUDE</i> 6 E 7	76
FIGURA 40 - APLICAÇÃO DO <i>FILLET</i> 3.....	77
FIGURA 41 – FINALIZAR CONSTRUÇÃO	77
FIGURA 42 - EDITAR MEDIDAS	78
FIGURA 43 - CARACTERÍSTICAS DO USUÁRIO	79
FIGURA 44 - USO DO PROTOCOLO	80
FIGURA 45 - INTERFACE DO SOFTWARE BLENDER.	81
FIGURA 46 - IMPORTANTE ARQUIVOS PARA O BLENDER.....	82
FIGURA 47 - ELIMINANDO OBJETOS.	83
FIGURA 48 - AJUSTAR TELA DA INTERFACE.....	83
FIGURA 49 - AJUSTES DO CENÁRIO.....	84
FIGURA 50 - AJUSTAR A ESCALA PARA IMPRESSÃO 3D	84
FIGURA 51 - EXPORTANDO ARQUIVO EM FORMATO. STL.....	85
FIGURA 52 – TELAS DO CURA PARA IMPRESSÃO	88
FIGURA 53 - IMPRESSÃO 3D DO PROTOTIPO. 01- PARTE DA PEÇA EXTRAÍDA; 02 E 03- MOSTRA DA FLEXIBILIDADE DO MATERIAL.....	89
FIGURA 54 - FIXAÇÃO E RUPTURA DA ARMAÇÃO	90
FIGURA 55 - FIXAÇÃO PELA HASTE, TENTANDO DOIS TIPOS DE FIXADORES	90
FIGURA 56 - PLANEJANDO NOVA ORGAIZAÇÃO DE IMPRESSÃO. 01- ORGANIZAÇÃO CORRETA NA BASE DA IMPRESSORA; 02- MENSURAÇÃO DA DETERMINAR POSIÇÃO E CORTE; 03- MENSURANDO PARTES DA ARMAÇÃO.	91
FIGURA 57 - PÓS-PROCESSAMENTO. 01- COLANDO AS PARTES; 02- AJUSTANDO ARESTAS COM A RETIFICA; 03- LIXANDO A PEÇA.....	92
FIGURA 58 - PRODUTO FINAL. 01- APLICANDO LENTE À ARMAÇÃO; 02- VISUALIZAÇÃO DO PRODUTO; 03- TESTANDO FLEXIBILIDADE; 4- PRODUTO COM AS HASTES ENCAIXADAS.	93
FIGURA 59 - PRIMEIRA PÁGINA DO TCLE	107

FIGURA 60 - SEGUNDA PÁGINA DO TCLE	108
FIGURA 61 - TERCEIRA PÁGINA DO TCLE.....	109
FIGURA 62 - NÚMEROS GERAIS DE ARTIGOS ENCONTRADOS.....	122
FIGURA 63 - GRÁFICO RESULTANTE DA EXTRAÇÃO DE DADOS DO 2º FILTRO .	123
FIGURA 64 - PROJETO DA ÓRTESE MODIFICADA POR RHINO/GRASSHOPPER....	129
FIGURA 65 - CONCEITO DE MODELO HÍBRIDO PARA ÓRTESE..	132
FIGURA 66 - PROCEDIMENTO DO SCAN AO PROTÓTIPO.....	137
FIGURA 67 - PRANCHA DE REFERÊNCIA VISUAL	193
FIGURA 68 - RENDERING DE MODELOS	194

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CARACTERÍSTICAS DOS SOFTWARES	38
QUADRO 2 - VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA MANUFATURA ADITIVA	41
QUADRO 3 - LISTA DE AJUDAS TÉCNICAS.....	43
QUADRO 4 - CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS: PRÓTESES E ÓRTESES.....	45
QUADRO 5 - LISTA DE ALGUNS TRABALHOS ENCONTRADOS.	111
QUADRO 6 - ESPECIFICAÇÕES DOS ARTIGOS SELECIONADOS	124
QUADRO 7 - PARALELO ENTRE OS FLUXOS DE PRODUÇÃO DO PROTÓTIPO.....	127

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - TABULAÇÃO DAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.	58
TABELA 2 - NORMAS E OBJETIVOS.....	62
TABELA 3 - ESPECIFICAÇÃO DA IMPRESSORA 3D.....	86
TABELA 4 - PARÂMETROS DOS MATERIAIS.....	87
TABELA 5 - REQUISITOS E PARÂMETROS DA IMPRESSÃO.....	88
TABELA 6 - FALHAS E MITIGAÇÕES.....	91

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - ÁREAS DE APLICAÇÃO DA AM.	31
GRÁFICO 2 - SOFTWARES UTILIZADOS.	125
GRÁFICO 3 - TIPO DE PROCESSOS	126
GRÁFICO 4 - MATERIAIS UTILIZADOS	126

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM - Additive Manufacturing (Manufatura Aditiva)

CAD - Computer Aided Design (Desenho Assistido por Computador)

CAM - Computed Aided Manufacturing (Manufatura Assistida por Computador)

CAT – Comitê de Ajudas Técnicas

CE – Critérios de Exclusão

CTI - Centro de Tecnologia da Informação

CI – Critérios de Inclusão

CTNA – Catálogo Nacional de Ajudas Técnicas

DeCS - Descritores em Ciências da Saúde

DP – Desvio Padrão

FAV – Fundação Altino Ventura

FDM - Fused Deposition Modeling (Modelagem por deposição de material fundido)

LABTEC3D – Laboratório de Tecnologias 3D

LaPES – Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software

LOM - Laminated Object Manufacturing (Fabricação laminada de objeto)

MERG – Grupo de Pesquisa de Epidemia de Microcefalia

MJM – Multijet Modeling (Modelagem por Multijatos)

MOS – Movimento Open-Source (Código Aberto)

MS – Ministério da Saúde

MTSS - Ministério do Trabalho e da Seguridade Social

NUTES - Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde

OMS - Organização Mundial de Saúde

OPAS – Organização Pan-Americana de Saúde

PCR – Proteína C-Reactive

RM – Ressonância Magnética

RSI – Revisão Sistemática Integrativa

SL – Software Livre

SLA – Estereolitografia

SLS - Selective Laser Sintering (Sinterização Seletiva a Laser)

STL – Standart Triangle Language

START – State of the Art through Systematic Review

TA – Tecnologia Assistiva

TC – Tomografia Computadorizada

ZIKV – Zika Vírus / Vírus Zika

3D - Três Dimensões

3DP - 3D Printing

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
1.1	PROBLEMÁTICA	24
1.2	HIPÓTESE.....	25
1.3	OBJETIVOS	26
1.3.1	OBJETIVO GERAL.....	26
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
2.1	MICROCEFALIA E ZIKA VIRUS.....	27
2.2	TECNOLOGIAS INTEGRADAS - CAM / CAD	29
2.2.1	TIPOS DE IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL – CAM.....	32
2.2.2	APLICAÇÃO NA SAÚDE 4.0	35
2.3	TIPOS DE SOFTWARES PARA MODELAGEM 3D - CAD	37
2.3.1	PROCEDIMENTOS CAD/CAM.....	40
2.4	TECNOLOGIAS ASSISTIVAS – TA.....	42
2.4.1	ÓRTESES.....	44
3	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	48
3.1	MÉTODO	48
3.1.1	REVISÃO SISTEMÁTICA INTEGRATIVA	50
3.1.2	COLETA DE DADOS ANTROPOMÉTRICOS	50
3.2	MATERIAIS.....	52
		56
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
4.1	COLETA DE DADOS E CRIAÇÃO DO HUMANOIDE 3D	57
4.2	DESENVOLVIMENTO DO <i>DESIGN</i> DA ARAMAÇÃO.....	60

4.2.1	CARACTERÍSTICAS DA ARMAÇÃO.....	62
4.2.2	IDEAÇÃO DO PRODUTO.....	64
4.3	PASSO A PASSO DA MODELAGEM 3D DO PROTÓTIPO - CAD.....	70
4.3.1	EDITANDO MEDIDAS NO ONSHAPE	78
4.3.2	VALIDAÇÃO DO PROTOCOLO.....	79
4.4	IMPORTAR ARQUIVOS NO BLENDER®	81
4.5	IMPRESSÃO 3D – CAM	86
4.5.1	A IMPRESSORA E O MATERIAL	86
4.5.2	O SOFTWARE DA IMPRESSÃO.....	87
4.6	A IMPRESSÃO	89
5	CONCLUSÃO.....	94
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
	APÊNDICE A - TCLE	107
	APÊNDICE B – REVISÃO SISTEMÁTICA INTEGRATIVA.....	110
4.1	OBJETIVOS E QUESTÕES DA REVISÃO	110
4.2	ESCOPO DA PESQUISA.....	112
4.2.1	CRITÉRIOS ADOTADOS PARA SELEÇÃO DE FONTES	112
4.2.2	RESTRIÇÕES	112
4.2.3	IDIOMAS DE BUSCA	113
4.3	MÉTODOS DE BUSCA DE PUBLICAÇÕES.....	113
4.3.1	EXPRESSÃO GERAL DE BUSCA	113
5.4	PROCEDIMENTOS DE SELEÇÃO E CRITÉRIOS.....	113
5.4.1	PROCEDIMENTO DE SELEÇÃO.....	114
5.5	PROCEDIMENTO PARA EXTRAÇÃO DE DADOS.....	116
5.5.1	SELEÇÃO E CATALOGAÇÃO PRELIMINAR DOS DADOS	116
5.6	SUMARIZAÇÃO DOS RESULTADOS	117
5.6.1	PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE	117

5.6.2	ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA	117
5.7	PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DA REVISÃO.....	118
5.7.1	DEFINIÇÃO DO ESCOPO E ESTUDOS PRELIMINARES	118
5.7.2	PRIMEIRA RODADA.....	120
5.7.3	SEGUNDA RODADA.....	120
5.8	DEFINIÇÃO DAS MÁQUINAS DE BUSCA.....	121
5.9	EXECUÇÃO DO PROTOCOLO	121
5.10	DADOS DAS PUBLICAÇÕES SELECIONADAS.....	122
5.10.1	RESUMO DOS ARTIGOS SELECIONADOS	123
5.11	CONCLUSÃO DA REVISÃO	125
	APÊNDICE C – RESUMO DOS ARTIGOS.....	128
	APÊNDICE D – TABELA DOS ARTIGOS	141
	APÊNDICE E – PROTOCOLO COLETA DE DADOS ANTROPOMÉTRICOS	158
	APÊNDICE F - PROCESSO DE CRIAÇÃO DO HUMANOIDE	170
	APÊNDICE G – PAINEL DE REFERÊNCIA	193
	APÊNDICE H – IMAGENS RENDERIZADAS.....	194
	APÊNDICE I - O SOFTWARE CURA 3D	195
	APÊNDICE J – QUESTIONÁRIO	205
	ANEXO A - CRITÉRIOS DO <i>OPEN SOURCE</i>	209

- o processo é relativamente lento, sendo limitado pela vazão do material por um bico extrusor e por um sistema mecânico de movimentação cartesiana responsável por preencher toda a área de cada camada segundo uma geometria previamente definida.

7.4 TECNOLOGIAS DE BAIXO CUSTO BASEADAS NA EXTRUSÃO DE MATERIAL

A maioria das tecnologias de baixo custo surgidas recentemente é baseada no princípio de extrusão de material, em especial na tecnologia FDM, ou seja, com alimentação por filamento. Em grande parte, esse fato é devido ao tempo de vigência das patentes do processo FDM ter expirado, além da simplicidade do sistema de produção como um todo [1].

7.4.1 TECNOLOGIAS DE ARQUITETURA ABERTA (OPEN SOURCE)

Algumas dessas tecnologias surgiram como iniciativas de instituições que disponibilizaram seus projetos na forma de arquitetura aberta (open source). Projetos pioneiros denominados Fab@Home e RepRap (Reproducible Rapid Prototyping) utilizam o uso de pistão e êmbolo (Figura 7.2d), podendo imprimir em comum o uso de silicone, chocolate etc. [16, 23].

Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D

Processos de AM por extrusão de material

mercado mundial e brasileiro. No Brasil, outras são montadoras de material, desde equipamentos para estrutura e qualidade dos componentes.

Quadro 7.1
material.

Impressora
Linha de

Mike Baxter

Lesko

Design Industrial

Projeto de Produto

PROJETO DO PRODUTO

Moreira Filho (coord.)

1 INTRODUÇÃO

Percebeu-se que no território brasileiro, a partir de Novembro de 2014, ocorreu um crescimento acentuado de uma nova doença exantemática¹, semelhante aos problemas decorrente do Zika Vírus (ZIKV), onde de acordo com Brito (2015), esse crescimento se concentrou essencialmente nos estados da região do Nordeste, onde essa condição clínica, foi caracterizada por uma exantema de início precoce, com pouca ou nenhuma febre acompanhada de problemas nas articulações e conjuntivite. Então, esse cenário levou o infectologista Kleber Luz a considerar a hipótese do vírus da zika, isto sendo confirmado em Abril de 2015, através do Proteína C-Reativa (PCR) realizado em aproximadamente 32% das amostras de casos suspeitos na Bahia e, posteriormente, em 38% dos casos no Rio Grande do Norte.

Paralelamente ao crescimento inesperado desses casos, verificou-se um inesperado aumento no diagnóstico de microcefalia fetal e pediátrica, aonde, de acordo com Albuquerque *et al.* (2018) foram realizadas buscas - em Outubro de 2015 - por neonatologias e clínico nas maternidades de referências, da cidade do Recife e região, em gestação de alto risco, e verificou-se a ocorrência de 29 casos de crianças com microcefalia internadas. Além disso, em Outubro desse mesmo ano, de acordo com Melo *et al.* (2016), apenas no estado de Pernambuco, até 28 de Novembro de 2015, tinham sido registrados 646 casos, contudo, não poderiam afirmar - naquele contexto - a relação entre ZIKV e a Microcefalia, visto que, as autoridades estavam considerando diferentes teorias por trás do “surto”, incluindo uma possível associação com o surgimento de vírus da Zika dentro da região. Além disso, apesar dos números e evidências apresentadas por alguns pesquisadores, não havia consenso na comunidade científica acerca da existência de uma epidemia.

Para Albuquerque *et al.* (2018) a contínua observação e a “coincidência” dos casos relatados, impulsionaram as pesquisas da hipótese de causalidade na base de correlação espaço-temporal entre a epidemia de microcefalia e surtos de infecção pelo ZIKV, visto que a presença de diversos casos em várias cidades próximas e num curto espaço de tempo, indicavam um quadro com alta taxa de ataque e rápida dispersão. Então, após diversos estudos desenvolvidos em Pernambuco pelo O Grupo de Pesquisa da Epidemia da Microcefalia (MERG), com apoio do Ministério da Saúde (MS) e a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), pôde-se afirmar que os resultados preliminares do caso-controle com recrutamento prospectivo dos bebês ao

¹ Exantema é uma erupção geralmente avermelhada que aparece na pele devido à dilatação dos vasos sanguíneos ou inflamação. (Fonte: Observatório da Saúde da Criança e do Adolescente, 2012).

nascimentos mostraram existir uma forte associação entre microcefalia e infecção congênita pelo ZIKV.

Marinho *et al.* (2016), aponta que entre o período de 2000 a 2014, os casos de nascidos vivos com microcefalia no Brasil, apresentaram uma média de 164 casos, já em 2015, o número cresceu para 1.608 casos, ou seja, um aumento de nove vezes em relação à média anterior. Um fato que levou-se em consideração e também observado na mesma pesquisa foi o quadro sócio geográfico dos envolvidos, onde 71% dos nascidos vivos com microcefalia (n=1.142) eram filhos de mães residentes na região Nordeste do país, com maior concentração nos estados de Pernambuco, Sergipe e Paraíba. Já em relação às características sócio demográficas maternas, identificou-se que as mães tinham idade até 24 anos ou com mais de 40, sem curso superior, pertencentes à raça/cor da pele preta ou parda e que se declaram solteiras ou em união estável.

Para Hanzlik e Gigante (2017) a microcefalia é definida a partir da relação da circunferência da cabeça abaixo da média do desvio padrão para sexo e idade, além disso, distingue-se a congênita da pós-natal, essa ocorrendo mais tarde na vida e aquela está presente ao nascimento. Marques *et al.* (2018) apontam para mesma direção, caracterizando a microcefalia como uma redução significativa na circunferência occipitofrontal da cabeça, comparando-se com valores de controle da mesma idade e sexo. Medindo-se a circunferência da cabeça, 24 horas pós-nascimento, compara-se com os padrões de crescimento que a Organização Mundial da Saúde (OMS) fornece e estabelece a conferência, em relação a taxa de crescimento da cabeça durante toda a primeira infância.

Sabe-se que diversos são os problemas que podem resultar a microcefalia, por exemplo: Infecções do útero toxoplasmas; herpes; sífilis; citomegalovírus; Anomalias genéticas, tais como a Síndrome de Down, e também através da transmissão vertical do ZIKV, esta última sendo associada pelos estudos já citados anteriormente e divulgados pelo Ministério da Saúde (MS).

Precisa-se ressaltar que não existe um tratamento específico para o caso, tornando necessária a presença de uma equipe multidisciplinar, para que as avaliações e cuidados sejam adotados durante o crescimento do bebê. Além disso, tona-se necessário ressaltar que não existem testes específicos para determinar se um bebê nascerá com microcefalia, mas de acordo com a OMS (2016) as ecografias no terceiro trimestre de gravidez podem, em alguns casos, identificar precocemente a situação.

1.1 PROBLEMÁTICA

No estado da Paraíba, após realizar estudos com 11 lactantes que foram infectadas pelo ZIKV e que estavam em seu sexto mês de gestação, de acordo com relatos de Melo *et al.* (2016), o que apresentou ser comum entre as pesquisas, foi o fato da microcefalia não ter sido um único achado, mas uma consequência de diversas lesões cerebrais, restrição de crescimentos e outros danos. Como no caso do décimo paciente - da pesquisa citada - que apresentou a *macular chorioretinal scar and perilesional pigmentary mottling*². Além disso, outros achados incluíram crises mioclônicas, hiperreflexia, hipotonia cervical, paralisia do diafragma e fechamento prematuro da fontanela anterior. No mesmo sentido, conforme relatos extraídos de Freitas *et al.* (2016), as anormalidades oculares encontradas em 34,5% dos lactantes, que foram acompanhados, estão associadas ao surto de ZIKV no estado da Bahia - local do estudo. Ademais, os pesquisadores orientam que os bebês com microcefalia devem ser submetidas as avaliações oftalmológica de rotina para identificar tais lesões e que os profissionais devem estar cientes do caso e das sequelas oftalmológicas associadas ao ZIKV.

O grupo de pesquisa da Fundação Altino Ventura (FAV) do estado do Pernambuco, em Fevereiro de 2016, descreveu o primeiro caso de glaucoma congênito relacionado à Síndrome do ZIKV, pois até então, não se tinha conseguido comprovar a relação e estava apenas no campo subjetivo, a partir disso, outros casos surgiram como malformações oculares estruturais, incluindo microftalmia, coloboma de íris e catarata.

A FAV acompanha alguns casos de crianças com essa dificuldade visual e relata que de acordo com o acompanhamento regular desses pacientes por toda a infância, se pode intervir de forma precoce se alguma complicação aparecer. Dessa maneira, evita-se até uma possível dificuldade na aprendizagem, sabendo que muitos desses bebês precisam de óculos especiais. Uma dificuldade relatada nesse acompanhamento é o custo de aquisição dos óculos de grau. Entretanto, com o avanço de pesquisas e desenvolvimentos do uso da tecnologia de *Computer Aided Design* (CAD) e das *Computed Aided Manufacturing* (CAM), especificamente das impressões 3D, podem facilitar esse processo e baratear os custos final dos óculos e com isso, resultar na maior cobertura possível do uso para os bebês que possuem poucos recursos.

Sabendo-se então que o ZIKV pode resultar problemas visuais em crianças com microcefalia, e, essa por sua vez, é caracterizada por uma malformação da cabeça, alguns

² Cicatriz coriorretiniana e manchas pigmentares perilesionais – Tradução livre.

problemas estão sendo postos em questão e pouco sendo desenvolvida, uma delas é a usabilidade das armações de óculos, onde as configurações formais da cabeça dos bebês resultam na dificuldade em estabilizar a armação nos rostos e com isso a dificuldade de uso no cotidiano.

1.2 HIPÓTESE

Diante do cenário alarmante de casos detectados relacionando à Microcefalia ao Vírus da Zika e suas consequências danosas ao crescimento craniano das crianças que são afetadas, este projeto entende que o uso das tecnologias CAD/CAM podem otimizar os recursos na confecção de uma armação de óculos, e disponibilizá-lo, sob preceito *open-source*, em plataforma digital.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um protocolo para o desenvolvimento customizado de armação de óculos para crianças com microcefalia, através do Sistema CAD/CAM, e disponibilizá-lo plataforma digital *open source*.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um protocolo com as ferramentas capazes de obter um protótipo CAD, que seja passível de adaptações e possibilite a impressão 3D;
- Desenvolver o Modelo CAD da proposta final da armação de óculos e disponibilizá-lo por meio de plataformas digitais *open-source* - Código Aberto;
- Prototipar o Modelo CAM da proposta final da armação de óculos e catalogar os parâmetros utilizados;
- Utilizar Equipamentos e Softwares de Código Aberto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MICROCEFALIA E ZIKA VIRUS

Para Brito (2016) a relação do Vírus da Zika e a Microcefalia foram inicialmente identificadas através do infectologista Kleber Luz a considerar a hipótese, em abril daquele ano. Podemos identificar, no decorrer dos fatos, diversos ‘embates’ científicos com objetivo de comprovar a relação dos achados científicos. Contudo, pode-se afirmar que os estudos desenvolvidos por (Melo et al.; Brito, 2015; Marinho et al.; Freitas et al.; Mlakar et al.; Ventura et al., 2016), foram suficientes e embasam a suspeita inicial, resultando assim na aceitação da comunidade científica. Consoante a Albuquerque (2018) essa associação parecia uma hipótese surpreendente, pois poucos eram os registros anteriores de malformação associadas à infecção, contudo, observou-se a existência de associação espaço-tempo entre a epidemia de ZIKV e malformações fetais, e ao fazer um paralelo através das investigações retrospectivas nas ilhas do Pacífico, reconheceu-se prontamente a situação aqui no Brasil.

A OMS divulgou em março de 2016 uma atualização da ficha descritiva da microcefalia, que informa “A microcefalia é uma condição rara. A incidência estimada notificada de microcefalia tem grandes variações, devido a diferenças na definição e na população-alvo. Embora sem comprovação, os investigadores estão a estudar uma potencial relação entre a ocorrência de casos de microcefalia e a infecção pelo vírus zika”.

Em Outubro de 2016 a Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde (OPAS/OMS) atualizou o quadro da sua participação perante o surto de microcefalia no Brasil e mostrou que 22 países (a maioria deles nas Américas) já notificaram casos de microcefalia e outras malformações potencialmente associadas à infecção pelo vírus. Além disso, sabe-se que a microcefalia é apenas uma das possíveis complicações causadas pelo ZIKV, conforme podemos observar nos estudo anteriormente citados.

Marinho *et al.* (2017), observam que as anomalias congênitas, incluindo as microcefalias, têm etiologia complexa e multifatorial, e podem ser causadas por anomalias cromossômicas, exposições a teratógenos ambientais, doenças metabólicas, bem como por doenças maternas durante a gravidez. Podem ser primárias, se presentes ao nascimento, ou secundárias, quando se desenvolvem após o nascimento. As microcefalias primárias se caracterizam pelo perímetro cefálico inferior a dois desvios-padrão (DP) da média específica para o sexo e idade gestacional.

Embora prática, a definição de microcefalia a partir do perímetro cefálico pode incluir cérebros com desenvolvimento normal.

Sabendo-se de todos os problemas que a relação da ZIKV e Microcefalia afetam os bebês, observou-se que a visão é um dos sentidos mais afetado, esse sendo considerado por Jorge *et al.* (2011) como sendo o sentido mais importante para o desenvolvimento do ser humano, uma vez que proporciona a interação com o ambiente. Sua diminuição ou ausência pode reduzir a aquisição ou manutenção das habilidades motoras, dificultando os movimentos ativos e seguros. As pessoas que apresentam necessidades especiais requerem maior estimulação para seu desenvolvimento, exercendo a visão um papel de destaque para aquisição de informações e estimulação adequada além de relatar que a visão tem seu desenvolvimento principalmente nos primeiros seis anos de vida.

Algumas pesquisas foram desenvolvidas para identificar a situação da capacidade visual desses bebês, onde Ventura et al. (2016) observaram os diversos riscos que devem ser estudados para identificar soluções para minimizar tais problemas, além de comprovar que o ZIKV pode causar danos graves à retina, incluindo as camadas interna e externa e a coróide.

Diante do exposto, o grupo de pesquisa FAV, iniciou um projeto de acompanhamento de diversos casos (Figura 01), pois a maioria das crianças com idade entre seis meses e dois anos com microcefalia precisam usar óculos de grau. Ventura (2016) afirma que já diagnosticaram 336 crianças e quase 90% deles precisavam de óculos e que já entregaram metade, além disso, afirmaram que cerca de 140 estão em reabilitação na FAV.

Figura 1 - Modelo de Óculos utilizado na FAV.



Fonte: www.folhape.com.br, 2016.

No entanto, dois fatores podem dificultar o acesso do uso dos óculos por todas as crianças que são afetadas, a primeira situação é: em relação ao fato de não existir uma forma específica e padrão para todas as cabeças, mas, além disso, a maioria das famílias não pode comprar por causa dos valores de mercado.

2.2 TECNOLOGIAS INTEGRADAS - CAM / CAD

Pode-se afirmar que um “novo” processo de fabricação foi amplamente divulgado no final da década de 1980, esse sendo a *Additive Manufacturing* (AM) ou simplesmente Manufatura Aditiva por Impressão Tridimensional. O processo em questão tem como princípio a adição do material, opondo-se aos processos de subtração, em que componentes são construídos através da remoção de material por processos como furação, fresamento, corte por serragem, entre outros, com o objetivo de obter uma peça previamente elaborada digitalmente,

De acordo com (Volpato e Carvalho; Braga, 2017), a AM pode ser definida como um processo de fabricação por meio da adição sucessiva de material na forma de camadas, com informações obtidas diretamente de uma representação geométrica computacional 3D do componente, como ilustrado na Figura 02. Santana *et al.* (2018) relatam que a impressão 3D pode ser definida como um processo utilizado para fabricar objetos tridimensionais baseado em uma deposição, controlada digitalmente, de sucessivas camadas de material até a criação de uma estrutura final.

Figura 2 - Representação das principais etapas do processo de AM.



Fonte: Volpato e Carvalho, 2017.

De acordo com Braga (2017), um processo de AM é baseado no fato de que todo objeto pode ser decomposto em diversas camadas e reconstruído com as mesmas, independente de sua complexidade geométrica. Normalmente, essa representação é na forma de um modelo geométrico 3D originado de um *software* do sistema CAD (*Computer Aided Design* - Desenho Assistido por Computador). Essa tecnologia também é caracterizada por sua agilidade no processo de prototipagem e isso viabiliza os diversos ensaios de materiais distintos, bem como o custo de fabricação dos protótipos.

Para Oliveira (2008), a AM pode não ser suficientes para atender às aplicações e, desta forma, requerem pós-processamento que são tratamentos com tecnologias convencionais aplicados às peças para conferir-lhes algum tipo de propriedade adicional. Dentro do pós-processamento fazemos uma distinção entre acabamento e funcionalização. Acabamento é o tratamento que se dá para dotar a superfície com algum elemento estético - cor, textura e brilho. Na funcionalização, o que se busca é dotar a superfície com propriedades físico-químicas para aplicações diversas inclusive para acabamento.

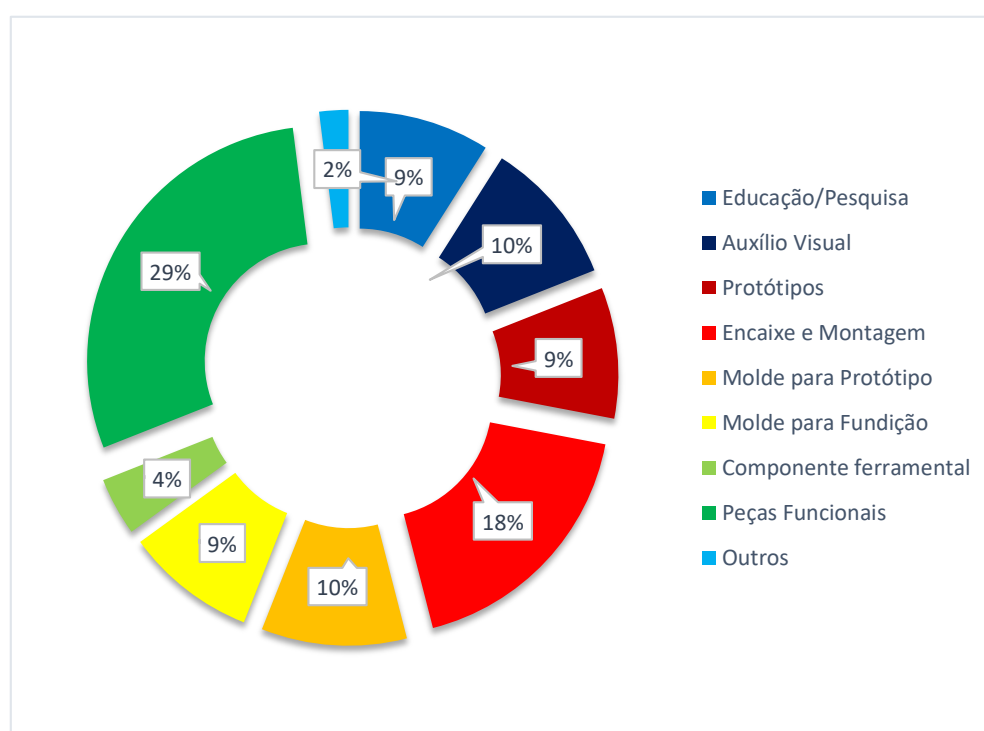
Canciglieri (2015), observa que a construção de protótipos rápidos é de elevada importância, pois fisicamente, e não apenas em papel ou imagens virtuais, obtém-se certo grau de interação com o produto ou seu volume. Analisando as execuções de protótipos rápidos em tecnologias de prototipagem, observa-se que os protótipos são gerados em questão de horas e não de dias ou semanas, como era antes do surgimento destas tecnologias de construção de protótipos.

Além disso, as geometrias podem ser complexas e basta o produto ter sido obtido por modelagem virtual, através do CAD ou pela conversão de arquivos obtidos de scanners 3D ou de tomógrafos. Braga (2017), constatou que atualmente, AM é uma tecnologia utilizada em uma variada gama de indústrias. Com o desenvolvimento de tecnologias que tornam o uso da manufatura aditiva possível de ser aplicada em diferentes setores, ela já se tornou uma realidade. Ademais, a pesquisa relatou que em 2013, a AM já havia sido classificada como uma das doze tecnologias mais inovadoras do mercado global até 2025 pelo *McKinsey Global Institute*, unidade de pesquisa econômica de uma das maiores consultorias estratégicas do mundo. Este estudo indicou ainda que essa tecnologia possui um potencial econômico estimado entre U\$ 230 e U\$500 bilhões anuais até 2025.

Como visto, o uso dessa tecnologia vem sendo aplicada em diversos segmentos de mercado, desde as suas aplicações na arquitetura, design, engenharia, bem como nos procedimentos cirúrgicos. Dentre as possibilidades de uso da AM, observa-se que o

conhecimento está bastante difundidas nas indústrias e setores tecnológicos. Volpato e Carvalho (2017) relatam um levantamento recente realizado com 127 empresas que utilizam a impressão 3D, dos dados obtidos (Gráfico 01), ressalta-se que aproximadamente 37% dos projetos são destinados a modelagem e prototipagem - auxílio visual, modelos de representação e encaixe e montagem. Além disso, as aplicações em manufatura final chegam a 29%, e aplicações em ferramental, a 23% - modelos para molde-protótipo, modelos de fundição de metal e componentes para ferramental.

Gráfico 1 - Áreas de aplicação da AM.



Fonte: Adaptado pelo autor, baseado em Volpato e Carvalho, 2017.

Silva e Munhoz (2017), destacam que provavelmente o uso da AM na área médica teve início com os projetos do neurocirurgião Paul Steven D'Urso, no Departamento de Cirurgia da Universidade de Queensland, em Brisbane, Austrália. Os autores declaram ainda que a customização estabelece um novo paradigma que inicia a oferecer opções mais cabíveis a cada necessidade, criando as soluções devidas e impactando de forma positiva na vida dos pacientes. Deste modo, pode-se afirmar que os benefícios da tecnologia de impressão 3d já é uma realidade acessível a todos, isso interferindo, de forma significativa, os meios de produção industrial, os projetos acadêmicos, a indústria médica e o cotidiano da sociedade.

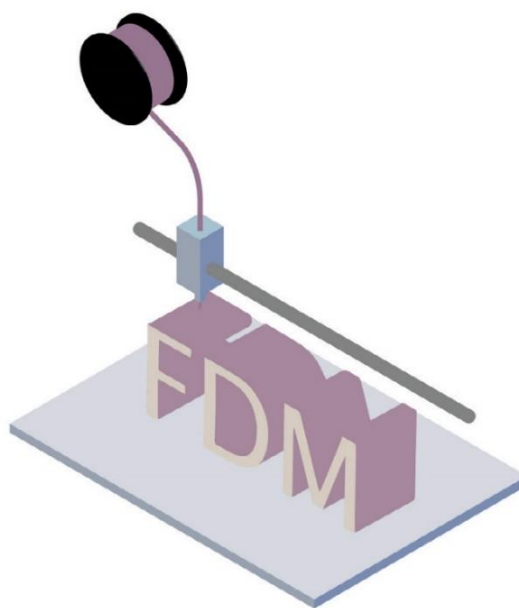
2.2.1 TIPOS DE IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL – CAM

Para impressões 3D, usam-se diversas técnicas de fabricação com o mesmo princípio: adição de material camada por camada. Observa-se a seguir, uma breve descrição do método de processamento utilizando neste trabalho, sabendo que existem outros que não estão listados neste relatório, mas que utilizam o mesmo princípio de prototipagem, como é o caso do *Laminated Object Manufacturing* (LOM); *Multijet Modeling* (MJM); entre outras.

- FDM: *Filament Deposition Modeling*

De acordo com Santana *et al.* (2018), esse processamento se caracteriza por uma das técnicas mais comuns e consiste em tecnologia baseada em extrusão, na qual a matéria prima utilizada, em sua forma inicial, é um filamento, que é gradualmente aquecido e extrudado por um bico calibrado sobre uma plataforma de construção. O material depositado rapidamente resfria, solidifica, e se une às estruturas previamente extrudadas. Ao final da construção de uma camada completa, a plataforma desloca-se para baixo de modo a acomodar a próxima camada de material (Figura 03). Este processo é repetido até fabricação final da peça. Dos filamentos utilizados na impressão por FDM, destacam-se o ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*), PLA (*polylactic acid*), PTU (poliuretano).

Figura 3 - Ilustração do processo por FDM

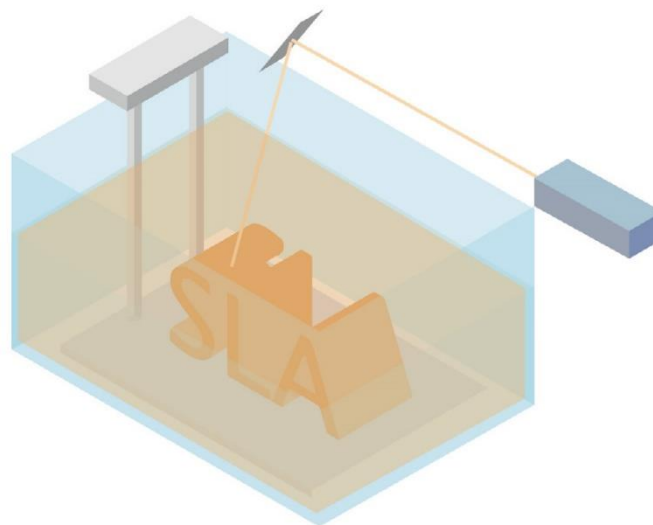


Fonte: Bernier *et al.*, 2015.

- *SLA: Stereolithography*

Conforme explica Volpato (2007), a SLA é um processo cuja resina líquida fotocurável, que está acondicionada dentro de um tanque, é curada aplicando um laser com comprimento de onda específico, geralmente UV (ultravioleta). Neste tanque uma plataforma mergulhada se desloca para baixo a cada camada construída, como mostra o esquema da Figura 04. O feixe do laser é movimentado através de um conjunto óptico (espelhos) que reproduz a geometria 2D obtida no fatiamento transversal da peça orientada no sistema CAD. Os materiais comumente utilizados são: o fotopolímero colorido e transparente; e fotopolímero flexível e termofusível. Sabe-se que as vantagens desse processo são significativas, em relação as demais, pois destacam-se a precisão entre a peça desenhada e a prototipação, possibilidade de obter transparência, e a capacidade de construção de peças minúsculas.

Figura 4 - Ilustração do Processo *SLA*



Fonte: Bernier et al, 2015.

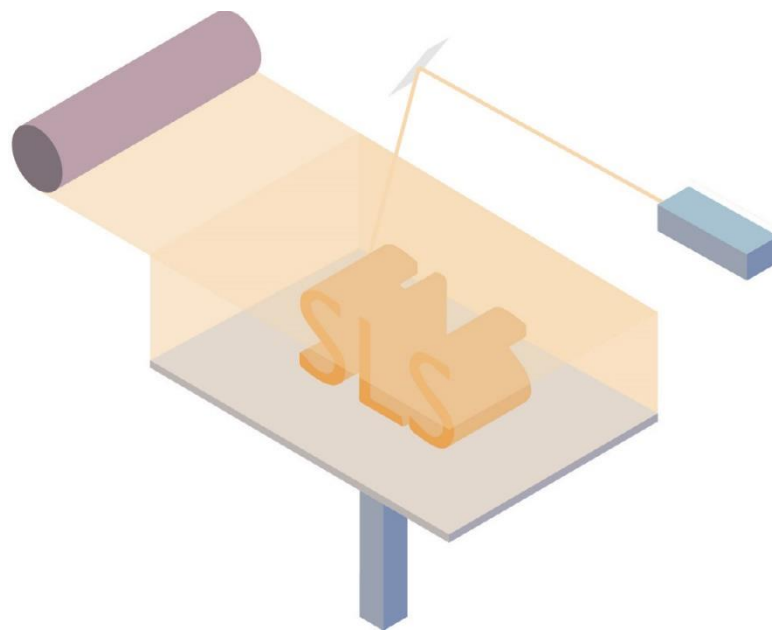
- *SLS: Selective Laser Sintering*

Para Bernier *et al.* (2007), o processo de SLS teve seu início na década de 1980 com Carl R. Deckard, tornando-se muito popular por causa da capacidade de imprimir objetos completos e únicos, ou ainda produzir poucas quantidades de projetos inovadores. Essa técnica utiliza um laser para “sintetizar” partículas finas, onde essa sinterização consiste em aquecer um material

até uma temperatura próxima ao seu pontos de fusão, de tal forma que suas partículas se aglomerem com partículas vizinhas, e sob o efeito do calor, os pós alvejados pelo laser, formam uma peça coesa com a projetada inicialmente. Consoante Redwood *et al.* (2016) relatam que o processo da SLS utiliza uma fonte térmica para induzir a fusão entre as partículas de pó, em um local específico para construção, resultando assim numa peça sólida.

Bernier *et al.* (2017) afirmam que o material utilizado, no caso o pó, pode ser um termoplástico ou metálico base, dependendo da força do laser que será utilizada. Além disso, a técnica SLS muitas vezes recorre ao uso de pós compósitos ou mistos, a fim de facilitar a consolidação das peças.

Figura 5 - Ilustração do processo de SLS



Fonte: Bernier et al, 2015.

2.2.2 APLICAÇÃO NA SAÚDE 4.0

No que tange ao uso de tecnologias integrada à saúde, torna-se necessário relatar o impacto da nova forma de pensar “indústria”, que para Coelho (2016, pg .15), o impacto da Indústria 4.0 vai para além da simples digitalização, passando por uma forma muito mais complexa de inovação baseada na combinação de múltiplas tecnologias, que forçará as empresas/instituições a repensarem a forma de gerenciamento dos seus negócios e processos, como se posicionam na cadeia de valor, com pensam no desenvolvimento de novos produtos e os introduzem no mercado, ajustando as ações de marketing e de distribuição. Aplicando esse princípio à Saúde, identifica-se o crescimento do uso do termo Saúde 4.0, que para Marrone *et al.* (2015), esse termo é usado para destacar a importância da integração da tecnologia da informação (TI) com a manufatura e o setor de serviços (atendimento online e logística), no setor de saúde. Ademais, A impressão em 3D de objetos físicos recorrendo à produção aditiva e usando materiais cada vez mais evoluídos e inteligentes vem transformando a era Industrial, no que diz respeito a prototipagem, logística de distribuição e na criação de um conjunto de oportunidades para o ambiente Industrial, mercado doméstico e saúde. (COELHO, 2016. pg.19)

O uso da Impressão 3D atingiu de forma positiva diversos setores da indústria, mas certamente um dos que mais sofreram impactos, foram os produtos destinados à saúde. Pode-se afirmar que as aplicações da Prototipagem Rápida (PR) são das mais distintas e permeia os diversos campos da ciência, desde as mais convencionais, auxiliando no desenvolvimento de produtos em geral, passando pela área de saúde, até a sua utilização em áreas mais especiais, tais como na modelagem de cadeias de proteínas, estruturas de vírus e uma miríade de outras. (VOLPATO, 2007).

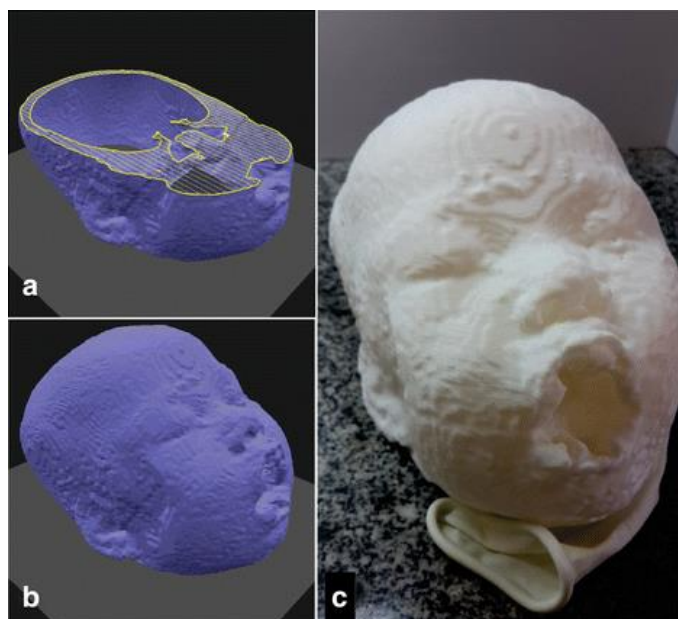
Com os recentes avanços da AM, ficou evidente a capacidade de produzir geometrias complexas com alto grau de personalização, com isso a demanda por produtos para saúde vem aumentando dia após dia, onde dentre esses produtos, incluem-se as órteses, que podem ser produzidas com maior precisão através dessa tecnologia. Observa-se que as tecnologias AM são aplicadas no domínio médico/cirúrgico para a confecção de modelos que forneçam informações visuais e táteis nas diversas aplicações. Além disso, a classificação dos cuidados de saúde tem as seguintes categorias: hospitalar, produtos farmacêuticos, equipamentos médicos e seguro médico. Nos equipamentos médicos temos a inclusão da ortopedia, órteses, implantes e produtos personalizados.

Dentre os projetos que utilizou-se da PR no desenvolvimento, Volpato (2007) destaca o primeiro vídeo endoscópio nacional, realizado pelo SENAI-DR/BA-Cimatec para Endoview, empresa pernambucana de equipamentos médico-hospitalares e detentora da patente do equipamento. Neste projeto, foram desenvolvidas as carcaças do comando e conectores, os mecanismos de funcionamento do endoscópio e seus respectivos moldes de injeção, isto é, o desenvolvimento do produto envolveu as fases de design, engenharia de produto, projeto de molde, fabricação de molde e *try-out* do molde.

A Prototipagem Rápida foi utilizada em umas das principais etapas, no projeto preliminar, onde tomou como base a alternativa de concepção selecionada, refinou-se o projeto com modelagem 3D em CAD, definindo nesta fase, os seus principais detalhes construtivos. Neste momento, aplicou-se a técnica de DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*), reduzindo o número de peças do projeto original. Posteriormente, utilizou-se a tecnologia FDM para construir os protótipos em material Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS).

Grillo *et al.* (2018) relatam que a impressão 3D na Neurocirurgia (FIGURA 06) permite a reprodução da morfologia e características estruturais de casos específicos de pacientes, por meio de imagens segmentadas de tomografia computadorizada ou ressonância magnética. Embora haja versatilidade nessa técnica, ela não é livre de limitações, que incluem as propriedades físicas do material de impressão, o custo e a relação entre o tempo de fabricação e a qualidade da estrutura impressão.

Figura 6 - Planejamento do Modelo CAD e Impresso em 3D



Fonte: Grillo et al, 2018.

Além disso, observa-se outras situações passíveis de aplicação da PR, como relata Foggiatto (2006), no que se refere as aplicações na área Médico-Odontológica, onde demonstra que o uso de biomodelos tem permitido diminuir o tempo das intervenções cirúrgicas trazendo mais conforto ao paciente e diminuindo a chance de erros para o cirurgião. Em outra pesquisa, Voltapo (2008, p.213) detalha um processo que inicia-se na obtenção de imagens das estruturas internas por meio da Tomografia Computadorizada (TC) ou Ressonância Magnética (RM) dos pacientes portadores de deformidades faciais. Estas imagens são manipuladas em um sistema para tratamento de imagens médicas, como por exemplo o InVesalius®.

A partir destas imagens ou série de cortes, são aplicados algoritmos específicos de segmentação (separação da estrutura de interesse), gerados os modelos 3D no computador e exportados para serem confeccionados em PR, dando origem aos biomodelos que são utilizados no diagnóstico, no planejamento e no tratamento dos pacientes. Por fim, o projeto E-nable - site:<http://enablingthefuture.org/> - que tem como principal característica fazer parte do MOS ou seja, é uma comunidade global formada por colaboradores para melhorar e difundir projetos de impressão 3D para próteses de mãos e braços, visando ajudar em especial a crianças, mas também adultos. No Brasil, existe um projeto de extensão universitária desenvolvido no Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de São Paulo (ICT-UNIFESP) em São José dos Campos, conhecido com Mãos 3D, que está vinculado a comunidade e-Nable e tem parceria com um Instituto de saúde que atende pelo Sistema Único de Saúde - SUS.

2.3 TIPOS DE SOFTWARES PARA MODELAGEM 3D - CAD

Rehg e Kraebber (2005) citado por Figueiredo e Filho (2010) afirmam que “*Computer Aided Design*” é a aplicação de computadores e softwares gráficos para auxiliar ou melhorar o projeto de produto desde a conceituação até documentação, suportando todos os níveis no processo de projeto de produto. Além disso, a utilização de sistemas CAD pode auxiliar em muito a difusão e intercâmbio de informações em tempo real, a grandes distâncias, articulando diferentes equipes de projeto, mesmo em empresas distintas. O CAD aplica-se aos desenhos desenvolvidos em três dimensões, desenhos industriais aplicados nos modelamentos e detalhamentos importantes na concepção do produto de forma real (SOUZA *et al.*, 2003, p.75).

Diversos são os softwares voltado para esse fim, contudo, pode-se perceber que existem algumas diferenças na forma de interação, usabilidade, processamento de dados, etc. Por isso, Souza e Coelho (2003), afirmam que a correta escolha do software CAD, a ser implantado em

um ambiente de trabalho, tem uma importância significativa, não apenas para as etapas de desenho e projeto mas também para as etapas que se sucedem. Esses autores ainda classificam os softwares de acordo com o processo do seu modelador geométrico. Este núcleo pode ser caracterizado conforme descrito no Quadro 01:

Quadro 1 - Características dos softwares

MODELADORES DE SÓLIDOS	MODELADORES DE SUPERFÍCIES	MODELADORES HÍBRIDOS
Sistemas CAD modeladores de Sólidos são capazes de gerar objetos tridimensionais, sólidos, possuindo centro de gravidade e volume. Para o modelamento de produtos são capazes de realizar operações de junção, corte, intersecção, subtração, entre outros.	Esta classe de sistemas CAD faz uso de formulações matemáticas complexas, conhecidas como funções Spline. As geometrias criadas são superfícies e não possuem espessura. Além de que qualquer ponto de uma superfície pode ser editado.	São sistemas CAD robustos tendo como principal característica, a utilização de complexos algoritmos matemáticos, possibilitando usufruir os recursos das duas classes anteriores, de forma direta e integrada, aplicando o modelamento mais adequado para cada situação específica.

Fonte: Adaptador pelo autor, com base em Souza e Coelho, 2003.

Das poucas desvantagens listadas na pesquisa realizada por Figueiredo *et al.* (2010), detecta-se que o alto custo do equipamento para sistemas CAD e treinamento adicional, observados em 67% das empresas, são as principais desvantagens deste processo, o que sugere que a maioria das empresas ainda consideram elevado o gasto para investir em sistemas CAD. Contudo, observa-se que os Softwares Livres (SL), vêm tomando espaço e a busca por compartilhar o conhecimento tem se tornado uma esperança para a diminuição dos valores.

Torna-se necessário destacar que “Programas de software livre em geral são de fácil acesso. Porém, a simples obtenção de um programa não significa que a pessoa pode fazer o que quiser com ele.” (KON e SABINO, 2009). De acordo com COSTA (2018 p. 21 *apud* COSTA, 2017), o conceito de SL, que deve ser compreendido, é um programa de computador como qualquer outro programa proprietário, com finalidade de atender uma determinada demanda.

Exemplo: planilhas de cálculos, editores de textos, editores de imagens, etc. Portanto, o tipo de SL, vai depender das suas liberdades). Kon e Sabino, (2009), mostram que naquela época, estimava-se que centenas de milhões de usuários utilizavam softwares livres no mundo, ou seja, a expectativas para nossa época é de que esse número esteja mais avançado.

Samuel *et al.* (2015) seguem o mesmo raciocínio e destaca que há um grande número de softwares de modelagem 3D gratuitos, tornando-se importante identificar as necessidades do trabalho para que a escolha seja sábia e assim atender todas as expectativas. Então, seguem alguns dos softwares CAD livres que podemos utilizar nos projetos:

Blender: O Blender disponibiliza boas ferramentas para a criação de personagens e representações foto-realistas. Sua interface inclui muitas funções e isso prejudica a usabilidade, dificultando a interação homem-máquina. Outro ponto que merece destaque, é a necessidade de cuidados especiais no momento de exportar o arquivo para interação com outros softwares e até mesmo para as etapas de manufatura.

OnShape: Esse software tem características similares aos dos poderosos Rhinoceros®, Inventor® e SolidWorks®, todos esses sendo necessário a compra da licença, contudo existem algumas limitações do uso livre do OnShape, a exemplo do banco de dados. Contudo, ele oferece ferramentas avançadas, incluindo: design de várias partes, configurações, ferramentas de chapa de metal simultâneas, conteúdo padrão e projeto de contexto gerenciado.

Seguindo a mesma lógica dos softwares, alguns projetos fazem parte do *Movement Open Source* (MOS), ou seja, as Modelagem 3D ficam disponíveis para o *download*, contudo esse movimento não se limita a isso, mas abrangem todo e qualquer código fonte que seja disponível gratuitamente. Kon e Sabino (2009) afirmam que o código aberto não significa apenas acesso ao código fonte. Além disso, os autores declaram que os termos de distribuição do software de código aberto devem estar de acordo com os seguintes critérios que também estão expressos no Anexo A:

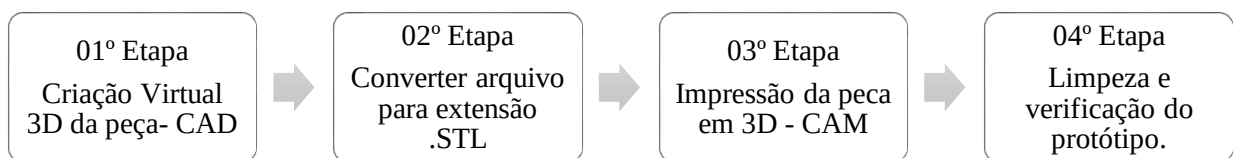
1. Redistribuição Livre;
2. Código de Fonte;
3. Trabalhos Derivados;
4. Integridade do Código Fonte do Autor;
5. Sem Discriminação a Pessoas ou Grupos;
6. Sem Discriminação a Áreas de Empreendimento;
7. Distribuição da Licença;

8. A Licença não Deve Ser Específica a um Produto;
9. A Licença não Deve Restringir Outro Software;
10. A Licença Deve Ser Neutra às Tecnologias.

2.3.1 PROCEDIMENTOS CAD/CAM

Afim de melhor compreender o universo a AM, destacam-se neste momento algumas das principais etapas dos procedimentos (Fluxograma 01) que são necessários para se obter um protótipo impresso em 3D, onde foi destacado uma estrutura simplificado para um processo de produção eficiente. Torna-se necessário salientar que este processo não compreende a completude de um projeto de produto, visto que existem diversos métodos projetuais, mas apenas os pontos cruciais para se obter um protótipo por AM.

Fluxograma 1 - Procedimento Base do CAD/CAM



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Sabe-se que o processo tem seu ponto de partida na confecção do objeto virtual 3D, onde consiste na criação da peça [01º] por meio de um *software* CAD, no qual o projetista deverá selecionar o uso do *software* de acordo com suas habilidades de manuseio e as limitações de acesso. A segunda etapa [02º] consiste na conversão do arquivo modelado em CAD para a extensão em formato padrão STL (*Standart Triangle Language*). Alguns cuidados devem ser observados nesta etapa, pois alguns equipamentos de Impressora 3D, não são compatíveis com esse formato e torna-se necessário uma conversão prévia, no software da impressora em questão, para que seja possível converter o formato. STL em formato compatível com o do sistema, para assim ser possível a fabricação da peça.

A próxima etapa [03º] consiste na materialização da peça por meio da impressora 3D, onde o objeto desenhado virtualmente será confeccionado através do material físico e mantendo assim, os padrões previamente estudados; por fim [04º], tem-se a etapa do pós-processamento, onde o processo de limpeza da peça dependerá do material físico utilizado, e então obtém-se o protótipo final pronto para uso. Tomando como base o estudo do Volpato e Carvalho (2017),

tem-se as seguintes informações referentes as vantagens e limitações gerais dos processos de fabricação por AM, quando comparados aos processos tradicionais, em destaque com a Usinagem CNC.

Quadro 2 - Vantagens e Limitações da Manufatura Aditiva

VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Grande liberdade geométrica na fabricação, isto é, independência da complexidade da peça. Geometrias normalmente impossíveis de serem fabricadas por outros processos podem ser obtidas por AM. Isso abre uma série de oportunidades em termos de projeto.	Em geral, as propriedades dos materiais obtidos por AM não são as mesmas dos materiais processados de forma tradicional. Isso decorre do fato de a fabricação ser por adição de camadas; assim, o material possui, em geral, propriedades anisotrópicas.
Pouco desperdício de material e utilização eficiente de energia. Na maioria das tecnologias, o material gasto para fabricar um componente equivale aproximadamente ao volume de material da peça	A precisão e o acabamento superficial são inferiores aos das peças obtidas por processos convencionais, como a usinagem. Isso também se deve ao princípio de adição de camadas.
Não é necessária a troca de ferramentas durante a fabricação do componente, como no caso de máquinas CNC.	No caso de tecnologias AM de porte industrial, o custo envolvido é elevado, principalmente de aquisição e operação do equipamento, incluindo materiais e insumos nos processos.
O componente é fabricado em um único equipamento, do início ao fim, ou seja, numa única etapa. No entanto, dependendo da tecnologia e da finalidade da peça, algumas etapas de pós-processamento podem ser necessárias.	Problemas como distorções e empenamento do material podem ser observados em alguns processos, se não totalmente sob controle e calibrados, em virtude da natureza térmica/química do princípio de adesão utilizado.
Rapidez na obtenção de baixa quantidade de componentes quando comparados aos processos tradicionais. Em especial, destaca-se a vantagem na obtenção de protótipos físicos, principalmente os mais complexos.	Considerando a fabricação de lotes grandes, a AM é ainda lenta e mais cara se comparada aos processos tradicionais.
Não requer dispositivos de fixação. Geralmente, as peças são fixadas nas plataformas de construção por materiais depositados pela própria tecnologia, dispensando o projeto de qualquer dispositivo específico.	A maioria das tecnologias possui limitação quanto à escolha dos materiais que podem ser empregados.

Fonte: Adaptado pelo autor, tomando como base Volpato e Carvalho, 2017.

2.4 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS – TA

Identificou-se que no Brasil, em 16 de novembro de 2006 foi instituído, pela Portaria nº 142, o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), estabelecido pelo Decreto nº 5.296/2004 no âmbito da Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República, na perspectiva de ao mesmo tempo aperfeiçoar, dar transparência e legitimidade ao desenvolvimento da Tecnologia Assistiva no Brasil. Ajudas Técnicas é o termo anteriormente utilizado para o que hoje se convencionou designar Tecnologia Assistiva. (CAT, 2008).

As Tecnologias Assistivas (TA), estão sendo exploradas e amplamente divulgadas desde o seu ano de criação de 1988 como um elemento jurídico para a legislação norte-americana conhecida como *Public Law* 100-407 e renovado no ano de 1998 da seguinte maneira, Assistive Technology Act de 1998 (P.L. 105-395) (BERSCH, 2009). Para Prestes (2011. pg.13), esse princípio é utilizado para definir enorme diversidade de recursos e serviços destinados a pessoas com deficiências e esses usuários necessitam de serviços especializados de áreas distintas para facilitar sua inclusão nas mais variadas atividades sociais.

Como descrito por Bersch (2009. pg. 21), Tecnologia assistiva é, pois, a aplicação de conhecimentos a serviço da resolução de problemas funcionais por pessoas com deficiência. A TA se propõe a romper as barreiras externas que impedem a atuação e participação das pessoas com algumas tipo de limitação em qualquer espaços e atividades de sua necessidade e interesse. Portanto, a “Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência.” (CAT, 2009). Para Manzini (2005, pg. 82) uma simples bengala pode ser chamado de produto com tecnologia assistiva, bem como aparelhos sofisticados de amplificação utilizado por indivíduos com surdez moderada ou, até mesmo, os veículos adaptados às pessoas com deficiência.

Dentre as definições de TA apresentadas até o momento, pode-se afirmar que o termo é comumente utilizado para definir uma vasta gama de produtos, tecnologias e serviços destinados a pessoas que sofrem algum tipo de deficiência, tendo as suas particularidades sanadas pelo projeto. Além disso, Prestes (2011, pg. 13) observou que esses usuários necessitam de serviços especializados de áreas distintas para facilitar sua inclusão nas mais variadas atividades sociais. Inúmeros destes serviços são ofertados por equipes interdisciplinares sendo estas compostas por diversos profissionais envolvidos no processo de reabilitação como: médicos, fisioterapeutas,

terapeutas ocupacionais, fonoaudiólogos, psicólogos, designers, arquitetos, engenheiros, entre outros.

No cenário brasileiro, pesquisas relacionados a essa temática ainda são poucas, no entanto, a partir do modificação do posicionamento público em compreender a importância por esses estudos e a guinada do “pensamento inclusivo” no país, no últimos anos, afetaram de forma positiva e diversas pesquisas, em todo o território, estão sendo desenvolvidas. Essa constatação também é levantada por García e Galvão Filho (2012), onde observam a realidade do crescimento das iniciativas e programas oficiais que buscam favorecer a inclusão sociodigital da população brasileira, especialmente da parcela econômica e socialmente menos favorecida dessa população, na qual se encontram, em grande número, as pessoas com deficiência.

A fim de melhor compreender e organizar os projetos de TA, em Portugal foi disponibilizada no ano de 2005 a primeira versão do Catálogo Nacional de Ajudas Técnicas (CTNA) um projeto ligado ao Secretariado Nacional para a Reabilitação e Integração das Pessoas com Deficiência (SNRIPC), do Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social (MTSS), com a participação de outras instituições portuguesas. Apesar das definições relatadas nesse catálogo, a organização da CTNA foi concebida com base da Norma Internacional ISO 9999: 2002, onde essa orientação classifica e divide os tipos de TA nas seguintes classes (Quadro 03):

Quadro 3 - Lista de Ajudas Técnicas.

CLASSE	CARACTERÍSTICAS
03	Ajudas para tratamentos clínico individual
05	Ajuda para treino de capacidades
06	Órteses e próteses
09	Ajudas para cuidados pessoais e de proteção
12	Ajudas para mobilidade pessoal
15	Ajudas para cuidados domésticos
18	Mobiliário e adaptações para habilitação e outros locais
21	Ajudas para a comunicação, informação e sinalização
24	Ajudas para o manejo de produtos e mercadorias
27	Ajudas e equipamentos para melhorar o ambiente e ferramentas
30	Ajudas para a recreação

Fonte: Comitê de Ajudas Técnicas, 2009.

2.4.1 ÓRTESES

Pode-se observar ao longo da história, como relata Norton (2007) que a evolução das órteses e próteses é uma longa e célebre história, desde seus primórdios até o presente momento, e até as excitantes visões do futuro. Como no desenvolvimento de qualquer outro campo, algumas ideias e invenções funcionaram e foram expandidas, como o pé de posição fixa, enquanto outras caíram no esquecimento ou se tornaram obsoletas, como o uso de ferro em uma prótese. De acordo com MS (2014, pg. 27), sabe-se que “os primeiros registros de uso de Órteses e Próteses datam de 2750 a 2625 a.C. onde homens utilizando próteses e órteses foram retratados em pinturas da quinta dinastia egípcia e o dedo de um pé, feito de madeira, foi encontrado durante o Império Novo.” (Apud EDELSTEIN, 2006; NORTON, 2007; SELLEGREN, 1982).

Durante alguns períodos, Norton (2007) defende que o desenvolvimento dessa tecnologia sofreu com o pouco avanço, a exemplo da Idade Média, onde resumiu-se apenas ao gancho de mão e perna de pau. As próteses dessa época tinham o objetivo de esconder deformidades ou ferimentos sofridos em batalhas. Um cavaleiro, por exemplo, recebia a prótese como equipamento, apenas para segurar um escudo, sem a devida atenção à funcionalidade ou estética da peça. Fora da batalha, apenas os ricos tiveram a sorte de estar equipados com uma perna de pau ou gancho para as funções diárias.

Ao longo dos tempos, o desenvolvimento dessas tecnologias foi sendo observado com atenção e algumas atitudes foram tomadas, mas em nenhum período da história da humanidade o desenvolvimento foi tão acentuado como os entreguerras, muito em virtude do alto número de amputados e as péssimas condições financeiras das nações envolvidas. Como observa Araújo (2017) a partir de 1914, após a Primeira Guerra Mundial, a quantidade de soldados mutilados em combate, superou as expectativas mais macabras que os países envolvidos poderiam ter tido antes do início do conflito, onde estima-se que na Alemanha foram mais de 80 mil soldados mutilados e na França mais de 300 mil combatentes.

Outro exemplo trágico, mas que trouxe consigo avanços significativos, foi o período da guerra civil americana, 1861-1865, aonde muitas amputações foram realizadas, provocadas pelos ferimentos de guerra. Este número estimulou o desenvolvimento da indústria ortopédica e da fabricação de próteses. No ano de 1863, registra-se a criação da primeira mão de borracha (NORTON, 2007; SELLEGREN, 1982).

A partir de então, muitos foram os novos projetos que buscaram trazer novas tecnologias, funcionalidade e significados aos dispositivos, pode-se observar que o desenvolvimento da

tecnologia utilizada nos dispositivos ortopédicos está muito avançada, e atualmente já existem próteses mioelétricas para os membros superiores capazes de captar os sinais eletromiográficos da contração muscular por meio de circuitos eletrônicos especiais, permitindo o movimento de cotovelo, punho e dedos; e as próteses robóticas, tanto para membros superiores como inferiores, com biosensores que captam os sinais do sistema nervoso e muscular do indivíduo (NORTON, 2007).

Atualmente, identifica-se que o mercado de Próteses e Órteses extrapolaram as barreiras do “meramente funcional”, onde a necessidade de fazer com que esses dispositivos façam parte do cotidiano e de forma atrativa, criando um elo entre usuário-produto, forçou que as empresas, buscassem novos caminhos, fazendo com que os usuários olhassem para os outros e se sentissem melhor consigo mesmo. Há diferenças claras e objetivas entre os conceitos da Próteses e Órtese, este é um “dispositivo permanente ou transitório utilizado para auxiliar as funções de um membro, órgão ou tecido, evitando deformidades ou sua progressão e/ou compensando insuficiências funcionais.” aquele é um “dispositivo permanente ou transitório que substitui total ou parcialmente um membro, órgão ou tecido” (Machado, 2018).

Para WEIGERT (2017), o termo órtese é uma palavra de origem grega que significa “endireitar”, de modo que o dispositivo seja projetado para dar suporte a articulações ou músculos fracos ou ineficazes. Este também pode ser encontrado na literatura como *splint* e *brace*, no qual: *splint* faz referência a um material rígido ou flexível utilizado para proteger, imobilizar ou restringir o movimento de um membro; e *brace* se refere a um dispositivo que dá suporte às partes móveis, à fraqueza muscular ou aos ligamentos tensionados. (Apud FESS, 2002). Com base nos conceitos que foram expostos, torna-se necessário destacar que existem três subdivisões entre as características dos dispositivos e um específico para as próteses, conforme podemos observar no quadro que segue:

Quadro 4 - Características específicas: Próteses e Órteses.

	PRÓTESES	ÓRTESES
Interna (Implantável)	Próteses Articulares; Coração Artificial; Válvulas Cardíacas; Ligamentos Artificiais; entre outros.	Materiais de Sutura; Materiais de Síntese; Materiais de Osteossíntese; Marca-passo Implantado; entre outros.
Externa	Membros Inferiores; Membros Superiores.	Bengalas e Muletas; ÓCULOS ; entre outros.

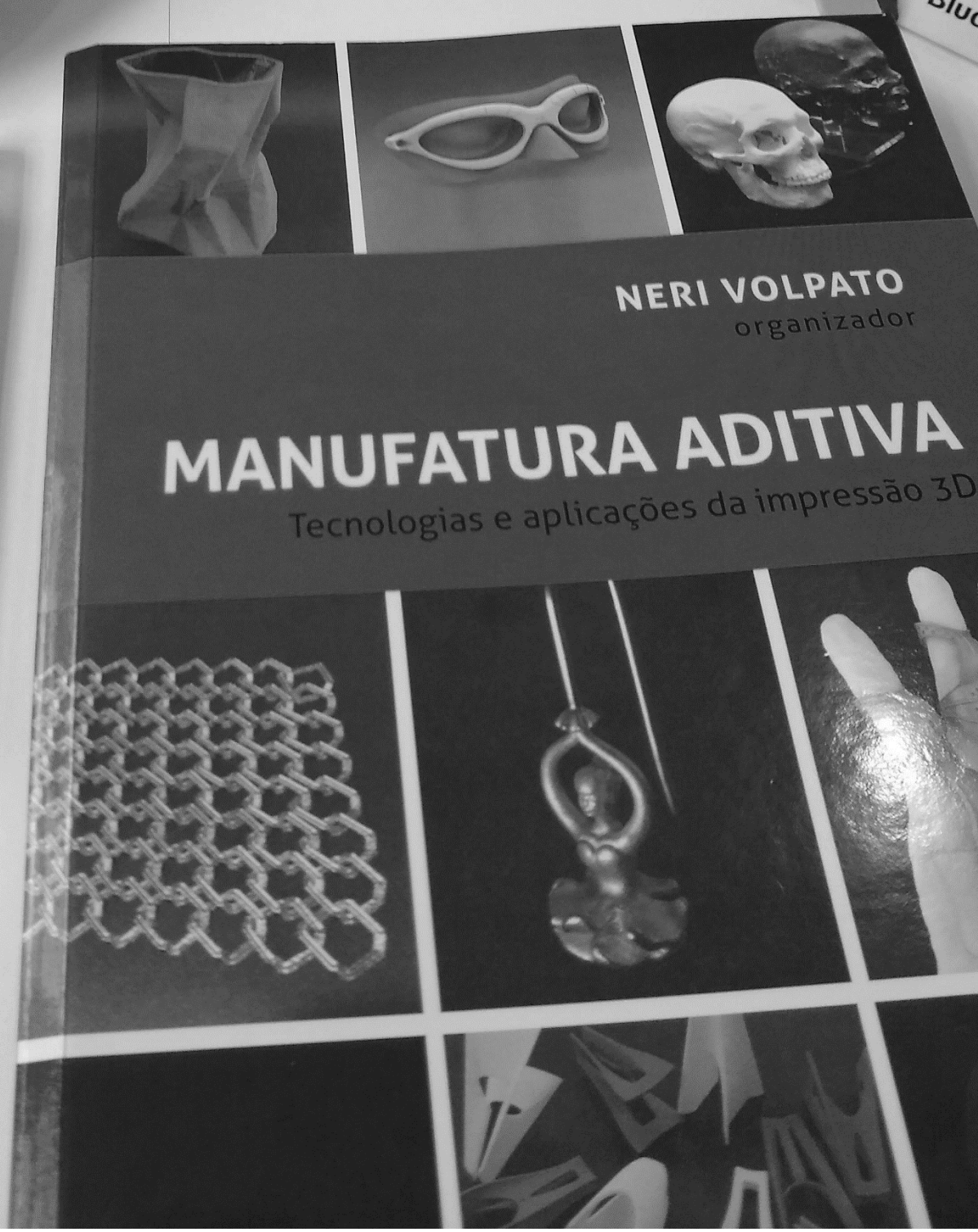
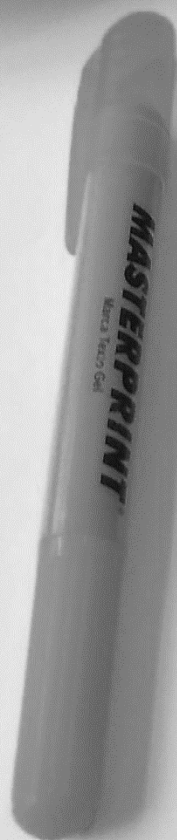
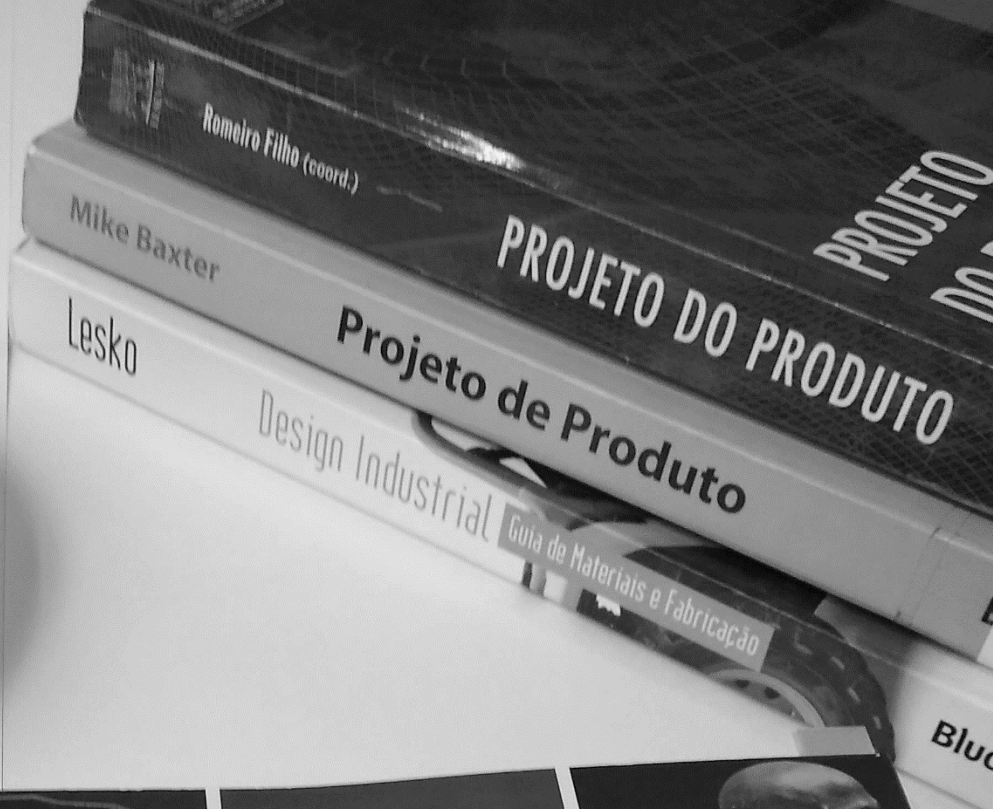
(Não implantável)		
Implantadas (Total ou Parcial)	Implantes Dentários; Pele Artificial; entre outros.	Fixadores Externos; Drenos; entre outros.
Estéticas	Próteses Oculares; Mamárias e Cosméticas de Nariz	As que não têm ação funcional: próteses oculares, mamárias e cosméticas de nariz.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base Machado, 2018.

Estima-se que “1/3 dos produtos assistivos dentre eles as órteses, são abandonados por seus usuários e os principais motivos estão nas dificuldades de utilização, desconforto, insegurança, alteração ao desempenhar suas atividades cotidianas e desconsideração da opinião do usuário no processo de desenvolvimento do produto” WEIGERT (2017) citado por (PHILLIPS; ZHAO, 1993). Torna-se extremamente relevante esse dado, pois o caso dos óculos está em caminho diametralmente oposto, visto que, segundo Pullin (2009. P, 15) o óculos é visto como produto de moda e que até 20% de algumas marcas são vendidas sem receitas de lentes, por isso, compreende-se que para muitos essa órtese é considerada um artigo de aspiração e não de “humilhação”.

Para o desenvolvimento do óculos, muitos são os desafios, por causa das poucas informações relativas ao processo, contudo, sabe-se que existem critérios indispensáveis, visto que esse produto, conforme relata Stephan (2008), faz-se necessário compreender o ser humano em seus diversos aspectos sociais, psicológico, fisiológicos e culturais, além dos aspectos técnicos de produção e montagem, esses últimos sendo muito importantes para o correto dimensionamento dos detalhes, como o sistema de encaixe de lentes, articulação das hastes com batentes, fixação na caixa craniana, etc.

Dentre as opções apresentadas, o presente trabalho concentra-se nas Armações de Óculos, onde Para Pullin (2009. P, 15) é um mercado no qual a Moda e Deficiência se somam. Nas raras ocasiões em que as palavras design e deficiência são mencionados na mesma oração, os óculos são frequentemente como o exemplo de um produto que aborda uma deficiência, que possui pouco ou nenhum estigma social associado.



3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

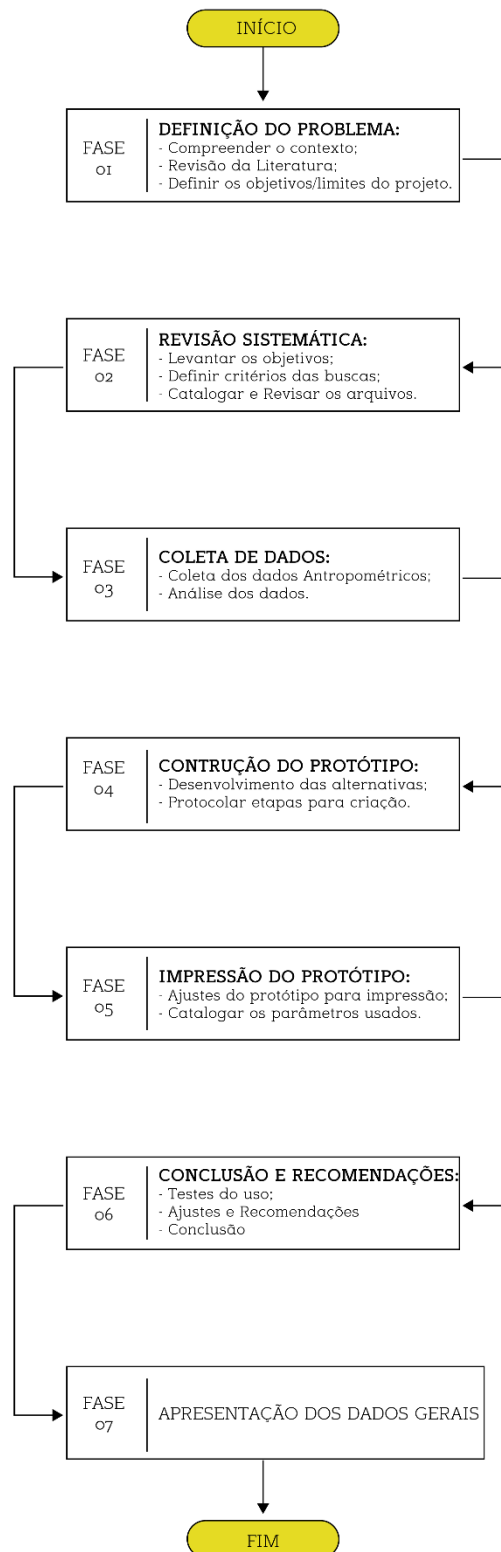
3.1 MÉTODO

O presente método refere-se a um Estudo Experimental Laboratorial. Realizou-se uma revisão de literatura acerca dos temas que envolvem a presente pesquisa para compreender melhor a situação das crianças microcefálicas que foram afetadas pelo ZIKV, identificando assim os principais problemas e as dificuldades enfrentadas por esse público. Além disso, estudou-se, discutiu-se e verificou-se as possibilidades de uso das tecnologias da manufatura aditiva neste caso. Então, levantou-se informações dos tipos disponível de materiais, bem como dos softwares de modelagem 3D. Assim, teve-se as informações necessárias para fundamentar o uso do sistema CAD/CAM na pesquisa. A fim de melhor compreender como foram os passos para o desenvolvimento desta pesquisa, tornou-se necessário a construção do fluxo das etapas (Fluxograma 02), juntamente com as etapas descritas com mais precisão.

Inicialmente, realizou-se a fundamentação do tema e a Revisão Sistemática Integrativa (RSI) com objetivo compreender o contexto geral do projeto e analisar os projetos de órteses desenvolvidas através da impressão 3D com auxílio do sistema CAD/CAM, respectivamente. Essa etapa também teve o propósito de identificar os procedimentos adotados nos projetos e caracterizar os materiais empregados nas impressões. Após os resultados dessas análises, tornou-se necessário o desenvolvimento de uma coleta de dados com as medidas faciais antropométricas das crianças e submete-las à análise com intuito de extrair as médias e com isso criar um humanoide 3D que foi utilizado como suporte no desenvolvimento da propostas, visto que assim, foi possível desenvolver alguns testes de interação com o dispositivo, antes mesmo de ser impresso tridimensionalmente.

Então, após essa criação, foi possível partir para o desenvolvimento do dispositivo e criação do protocolo, onde contou com o uso dos softwares livres de modelagem digital 3d, com a utilização das impressoras 3d, bem com o processo de pós-acabamento. Posteriormente, realizou-se um teste para validação do protocolo da criação da armação com alguns projetistas, afim de melhorá-lo. Todas esses passos foram descritos no tópico “PASSO A PASSO DA MODELAGEM 3D DO PROTÓTIPO - CAD”, além da disponibilidade do arquivo CAD, gratuito, para rede SUS.

Fluxograma 2 - Fluxograma de Metodologia da Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

3.1.1 REVISÃO SISTEMÁTICA INTEGRATIVA

A Revisão Sistemática e Integrativa (RSI) foi adotada como procedimento de pesquisa, pois com esse levantamento de dados foi possível identificar os projetos que foram desenvolvidos e as possíveis oportunidades de novas pesquisas. Além disso, o principal objetivo da RSI será analisar os projetos de órteses, visto que o óculos se enquadra nesse conceito, desenvolvidas através da impressão tridimensional com auxílio do sistema CAD/CAM, bem como os materiais empregados. Com propósito de identificar os procedimentos adotados nos projetos e caracterizar os materiais empregados nas impressões. A presente revisão foi organizada e encontra-se nos apêndices do trabalho (APÊNDICE A).

3.1.2 COLETA DE DADOS ANTROPOMÉTRICOS

Outro procedimento adotado foi a assinatura dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pelos responsáveis dos participantes que aceitaram a proposta do estudo (APÊNDICE B), sendo essa etapa de extremamente importância, pois o consentimento dos responsáveis é imprescindível para o andamento do projeto.

Este estudo caracterizou-se por ser transversal, com coleta de dados primários. Para esse levantamento, foi necessário a coleta das medidas de pontos específicos da face de uma criança até 05 anos de idade, do sexo masculino, residentes na cidade de Campina Grande. O início de cada avaliação constou com uma breve apresentação dos materiais aos pais/responsáveis, onde foram expostos as funcionalidades de cada instrumento. Ao final de cada avaliação, as luvas cirúrgicas foram descartadas; as hastes do paquímetro e a trena desinfetadas com álcool etílico, friccionado com algodão. Estima-se que o tempo para cada procedimento foram de 30 minutos.

As medidas foram tabuladas na planilha do software Excel®, as medidas antropométricas facial (FIGURA 07) coletadas, correspondem aos apresentados por Lacko *et al.* (2015), sendo: Comprimento da cabeça (HL); Largura da face (FW); Largura do Arco entre as orelhas (BW); Altura da orelha (EH); Altura projetada da orelha (PE); Posição vertical da Orelha (VE); e, Posição horizontal do ouvido (HE). Além disso, foram realizados dois registros fotográficos para auxiliar na criação do humanoide, sendo uma na vista frontal e outra de perfil.

3.2 MATERIAIS

O presente projeto teve como necessidade alguns materiais que serviram como suporte durante os procedimentos traçados na metodologia, sendo esses os seguintes equipamentos:

- Paquímetro Digital Em Aço - 150 Mm - Estojo Protetor - Tools word. **Função:** Auxiliou na coleta dos dados de medidas antropométricas facial específicas na etapa de Coleta de Dados Antropométricos;

Figura 8 - Paquímetro Digital



Fonte: www.magazineluiza.com.br

- Trena Antropométrica – Cescorf: **Função:** Utilizado na coleta dos dados de medidas antropométricas facial na etapa de Coleta de Dados Antropométricos, visto que existem medidas específicas, nas quais o paquímetro digital não consegue apanhar;

Figura 9 - Trena Antropométrica



Fonte: www.lojadoestetoscopio.com.br

- Luvas cirúrgicas, algodão e álcool etílico hidratado. **Função:** Garantii a higienização dos equipamentos durante o processo da coleta de dados;

Figura 10 - Materiais para higienização.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

- Software Excel 2010 - Microsoft®, EUA. **Função:** Incluiu as medidas coletadas do usuário para tabulação;
- Base quadriculada 60X45cm dupla face verde. **Função:** Foi útil para o registro fotográfico da criança, utilizando-o como *background*.

Figura 11 - Base Quadriculada verde



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

- MakeHuman 1.0 Alpha 3b. **Função:** Utilizado na etapa da Modelagem Digital, visto que será necessário confeccionar um humanoide, tomando como base a análise estatísticas dos dados obtidos na coleta.

Figura 12 - Logotipo do Makehuman



Fonte: <http://www.makehumancommunity.org>

- Blender 2.8. **Função:** Usado nos ajustes das medidas finais do humanoide criado na etapa anterior, pois torna-se necessário pequenos ajustes para uma maior aproximação da medida real.

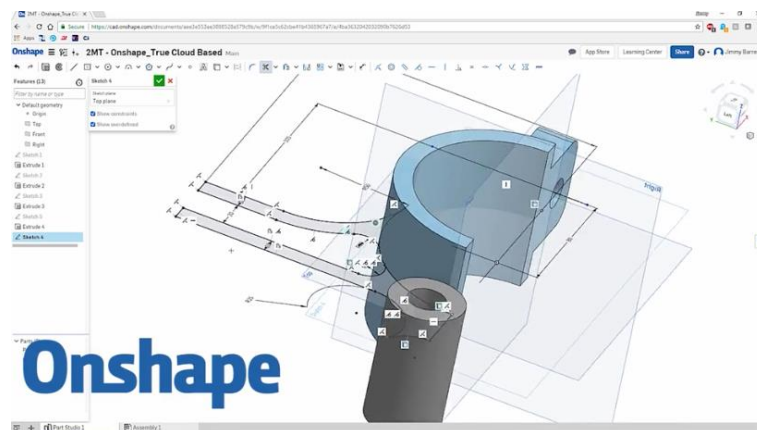
Figura 13 - Software Blender



Fonte: www.blender.org

- OnShape 2019. **Função:** Desenvolveu a confecção da Modelagem CAD, por meio das ferramentas disponíveis no software.

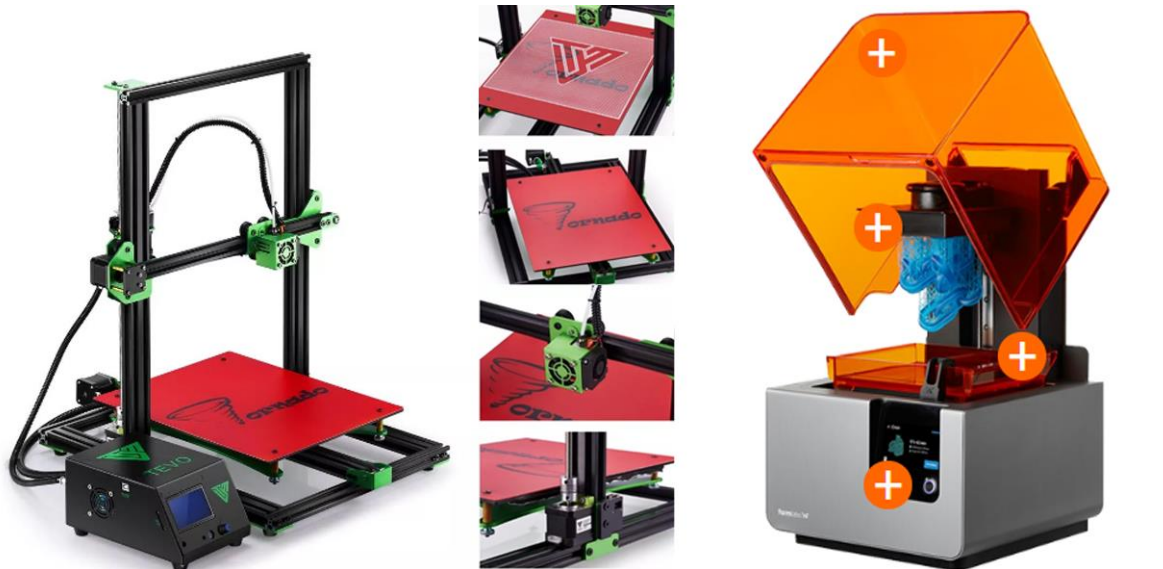
Figura 14 - Interface do Software Onshape.



Fonte: www.onshape.com

- Tevo Tornado 3D e Form 2. **Função:** Foi empregado na impressão tridimensional do protótipo da armação do óculos.

Figura 15 - Impressoras 3Ds - Tevo Tornado e Form 2



Fonte: Adaptado pelo autor, 2019.

- Filamentos de PLA, ABS, TPU e Resina 3D. **Função:** Impressão dos protótipos para análise e tomadas de decisões.
- Miniretífica e estilete . **Função:** Foi utilizado no processo de acabamento da peça.



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa serão apresentados os resultados do desenvolvimento do protótipo, impressão tridimensional do modelo CAD, desde a coleta dos dados antropométricos aos testes de interação usuário/produto, passando por todas as etapas necessárias para criação e impressão da armação do óculos.

4.1 COLETA DE DADOS E CRIAÇÃO DO HUMANOIDE 3D

Para coleta de dados, utilizou-se os equipamentos listados no tópico Materiais, além de uma câmera de registro fotográfico e o auxílio do *software* Blender® para aplicar/verificar as medidas conforme Figura 16. Afim de contribuir com projetos futuros, desenvolveu-se um protocolo para mensuração da antropometria facial, tomando como base o processo aqui aplicado (APÊNDICE E).

Figura 16 - Coleta de dados antropométricos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Salienta-se que o objetivo desta etapa consiste na verificação das medidas (aproximadas) para melhor contribuir com a modelagem do humanoide 3D, realizado nos tópicos que seguem. Para melhor compreensão do leitor, elaborou-se uma Tabela 2, aonde verifica-se as medidas, em unidade de centímetros, antropométricas facial extraídas.

Tabela 1 - Tabulação das Medidas Antropométricas.

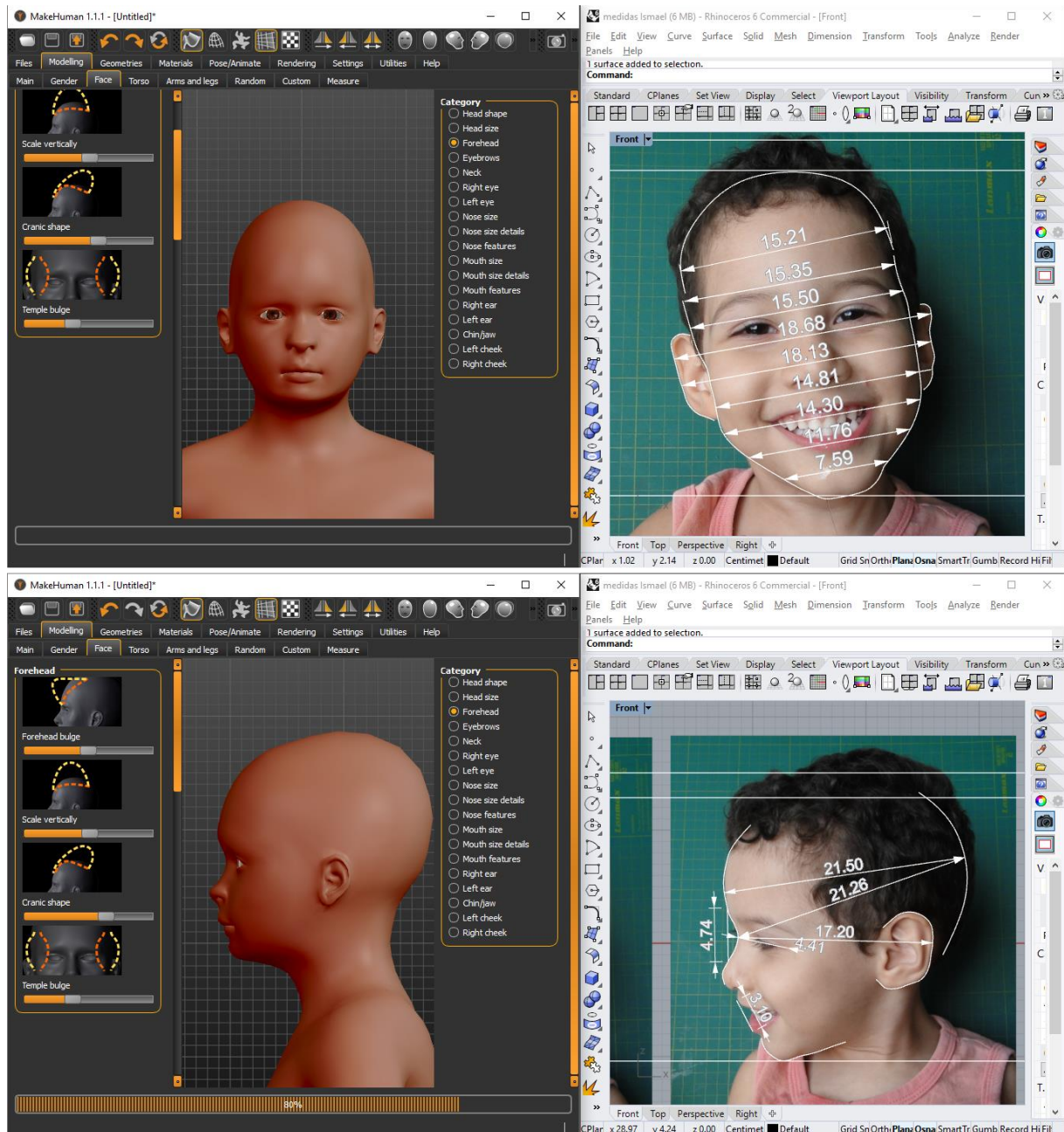
ABREV.	POSICIONAMENTO	MEDIDA
HL	Comprimento da Face	21.50
FW	Largura da Face	10.84
BW	Largura do Arco entre Orelhas	16.55
EH	Altura da Orelha (Direita / Esquerda)	6.76
VE	Posição Vertical da Orelha	11.38
PE	Altura Projetada da Orelha	6.23
HE	Posição Horizontal da Orelha	9.62

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Para criação do humanoide virtual, utilizou-se o Makehuman®, visto que esse *software* possibilita alterações da forma do humanoide a partir de um modelo base, tornando-se um processo simplificado, como observa Moraes e Miamoto (2015) “O processo é extremamente acessível tanto para usuários avançados, quanto para aqueles que estão começando, justamente o escopo que estamos trabalhando nessa publicação”. Afim de melhor detalhar o processo de criação do humanoide virtual, percebeu-se a necessidade do desenvolvimento de um passo a passo (APÊNDICE F), com objetivo de melhor explicar os procedimentos necessários, bem como as características intrínseca do *software*.

Tomando como base os dados coletados nesta etapa e as informações do *software* no tópico anterior, iniciou-se o processo de criação do humanoide, para tal, o primeiro passo foi configurar os parâmetros de modelagem do “*main*”. Posteriormente, dividiu-se a tela do monitor, de tal forma que as interfaces dos dois softwares fossem vistas (FIGURA 17), afim de uma melhor visibilidade para aplicação e ajustes das medidas. Sabe-se que, por causa da interação da usabilidade do *software* MakeHuman, algumas medidas são aplicadas sem a devida precisão, contudo esse ponto pode ser melhor ajustado utilizando outro *software* de modelagem tridimensional, no caso o Blender® – ou em similar.

Figura 17 - Aplicação das Medidas Antropométricas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Ademais, exportou-se o arquivo para o *software* Blender e, então, foram realizados os ajustes necessários para criação do humanoide que tivesse as características mais próximas do usuário.

4.2 DESENVOLVIMENTO DO *DESIGN* DA ARAMAÇÃO

No que se refere ao desenvolvimento de algum produto, percebeu-se com o decorrer dos anos, que além dos aspectos funcionais, há uma preocupação dos segmentos da sociedade em consumir a proposta de que o estilo – estética – é uma forma importante de adicionar valor ao produto, além disso Baxter (2011) destaca que o estilo de um produto é a qualidade que provoca a sua atratividade visual, onde a forma pode ser desarmônica, ou pode ser transformada em uma forma bela, que provoca admiração por todos que a olhem.

Um exemplo singular de como podemos agregar valor aos produtos utilitários, especificamente da área da saúde, são as próteses de braço ou mão para crianças, desenvolvidas pela comunidade E-nable³ que no Brasil tem sua representação no grupo de pesquisa de extensão Mao3D na Universidade Federal de São Paulo - Unifesp, onde de acordo com Kunkel (2016) o Mao3D é formado por quatro projetos com objetivos específicos: divulgação da técnica de impressão 3D na produção de próteses de mão; distribuição de próteses de mão com apoio de um programa de reabilitação; capacitação em impressão 3D para a produção de próteses de mão; e plano de gestão e captação de recursos humanos e financeiros.

O que devemos destacar neste projeto é o resultado final dos produtos, onde a funcionalidade do produto é imprescindível ao passo que a estética também é fundamental, pois os produtos são impressos, predominantemente, em cores primárias⁴, além da configuração formal que remete a super-heróis, conforme podemos observar na Figura 18. (Fonte: Mao3D, 2016)

³ Site do projeto: <http://enablingthefuture.org/>.

⁴ Segundo Pedrosa (2009) É cada uma das três cores indecomponíveis que, misturadas em proporções variáveis, produzem todas as cores do espectro. Para os que trabalham com cor-pigmento são o vermelho, o amarelo e o azul.

Figura 18 - Órtese membro superior



Fonte: Mao3D, 2016

Então, com vistas a desenvolver produtos mais agradáveis visualmente e que tragam uma perspectiva além do funcionalidade, buscamos encontrar um público/mercado que esteja em ascensão, resultando assim na escolha pelo público *Geek*, visto que, conforme indica Escola Brasileira de Games (2018), esse mercado vem crescendo e ganhando espaço a cada dia e a procura por novos conteúdos está em um patamar, nunca atingido antes. Portanto, definiu-se que os modelos desenvolvidos estariam condizentes às referências visuais do universo *Geek*. Além disso, Jeronimo e Medeiros (2019) apontam que os produtos utilitários *geek* são exemplos de objetos em que a dimensão simbólica e utilitária/prática está expressa em seus atributos. Alguns artefatos apresentam não somente qualidades representacionais do universo, como também qualidades não representacionais que comunicam sua função de uso.

Conforme afirma Matos (2011) o termo “*geek*” aparece como sinônimo de Nerd, mas sem a conotação pejorativa, e também como uma espécie de subgrupo. É usado mais frequentemente para designar jovens avidamente interessados em tecnologia, computadores, *gadgets*, etc. Ademais, Medeiros (2019) buscou traçar um perfil desses jovens, onde conseguimos identificar a seguinte descrição.

O público *geek* é fiel, ele vai e assiste, ele consome o produto que lhe é oferecido, mas não se contenta com qualquer coisa. *Geeks* adoram citações a filmes clássicos de ficção científica, cultura pop e fantasia. Gostam das minúcias e dos detalhes, amam se encontrar em convenções e discutir as possibilidades científicas dos eventos ocorridos nas HQs e Mangás. Ser *geek* é um estilo de vida que demanda profundo interesse e dedicação do tempo. Apesar de parecer uma cultura exclusiva dos jovens, essa tribo inclui avós, pais e filhos. Em muitos casos ser *geek* é uma tradição familiar passada através de gerações. O público *geek* se renova e se expande a todo tempo (MEDEIROS, 2016, p.16)

De acordo com o Escola Brasileira de Games (2018), os personagens da franquia Marvel são os mais preferidos em relação aos concorrentes, entretanto o primeiro colocado na pesquisa, com 29% do público, ficou com o personagem Batman, esse aparecendo no topo desde a primeira edição da pesquisa, realizada em 2013. Os demais heróis mais bem posicionados são da Marvel, sendo o segundo colocado com o Homem-Aranha (12%) e Ms. Marvel (8%), em terceira colocada. Com isso, propomos que os modelos da armação de óculos, estejam em consonância estética aos personagens citados. Para tanto, elaboramos um painel de referência visual (APÊNDICE G) com imagens relativas aos personagens, para que então, extrair elementos de forma, cor e textura.

4.2.1 CARACTERÍSTICAS DA ARMAÇÃO

Existem alguns pontos cruciais para o sistema de encaixe de lentes, articulação das hastes, elementos de fixação, proporção das partes, entre outros, todos esses, com vistas a melhor aproveitamentos dos aspectos técnicos de produção e montagem. (Stephan, P.A. 2008. Pg. 46). Além disso, a legislação brasileira versa acerca de algumas normas técnicas que tratam de armações para óculos, como:

Tabela 2 - Normas e Objetivos

NORMA	OBJETIVO
ABNT ISO/TS 24348:2013	Esta Especificação Técnica define métodos para o desgaste acelerado e corrosão a serem usados antes da detecção da liberação de níquel de armações oftálmicas de metal revestido e combinadas, e para detectar a liberação de níquel dos componentes das armações de óculos de metal e combinadas, revestidas ou não, destinadas a entrar em contato direto e prolongado com a pele, a fim de determinar se a liberação de níquel em tais componentes é maior do que uma taxa de 0,5 µg/cm ² /semana.
ABNT NBR 14993:2003	Esta Norma especifica um sistema de medição para armações para óculos.
ABNT NBR 15091:2012	Esta Norma especifica as informações que precisam ser marcadas nas armações para óculos e suas localizações. São feitas recomendações para provisão de informações futuras em documentação que acompanhe a armação ou que esteja disponível separadamente.

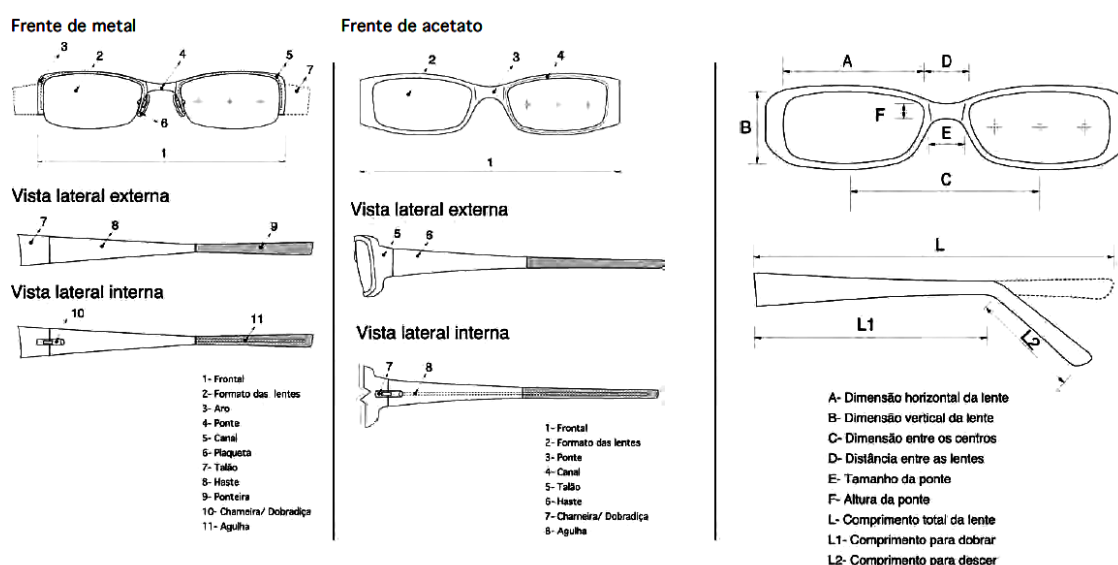
ABNT NBR 16180:2013	Esta Norma estabelece o fluxograma das principais etapas do processo produtivo básico para a fabricação de armações e óculos solares em geral.
ABNT NBR ISO 12870:2018	Esta Norma especifica os requisitos fundamentais para armações para óculos, sem lentes, projetadas para uso com todas as lentes corretivas. É aplicável às armações no ponto de venda pelo fabricante ou fornecedor para o varejista.
ABNT NBR ISO 11380:2011	Esta Norma especifica as características dos modelos físicos que são utilizados em máquinas para bizerlar bordas de lentes projetadas para montagem de óculos.
ABNT NBR ISO 7998:2012	Esta Norma define os termos comumente utilizados relacionados as armações para óculos e lista de termos equivalentes em Inglês, Francês, Russo, Alemão, Italiano, Espanhol, Inglês Americano, Japonês (com transcrição fonética) e Chinês para partes de tais armações.
ISO 11381:2016	Esta Norma especifica os requisitos de roscas para parafusos no sistema métrico ISO para uso com armações para óculos. São feitas disposições para roscas para parafusos com os seguintes tamanhos nominais: S0,8 × 0,2; M1,0 × 0,25; M1,2 × 0,25; M1,4 × 0,3; M1,6 × 0,35 e M2,0 × 0,4, e para perfurar as medidas relacionadas.

Fonte: Adaptado pelo autor, com base em ABNT 2014.

Dentre as normas listadas, algumas não foram consideradas pertinentes, tomando como referências os objetivos do projeto, contudo, outras são de extrema relevância, como as NBR's 15091:2012 e ABNT NBR 14993:2003 que especificam as informações que precisam ser marcadas nas armações para óculos. Em relação ao conhecimento adequado da terminologia, têm-se a NBR ISO 7998:2012, que define os termos comumente utilizados relacionados às armações para óculos e lista de termos equivalentes em Inglês, Francês, Russo, Alemão, Italiano, Espanhol, Inglês Americano, Japonês (com transcrição fonética) e Chinês para partes de tais armações.

CHAVES (2014), observou que as normas da ABNT não contêm informações direcionadas ao projeto de óculos infantil nem recomendações específicas, além disso, observou-se que os requisitos elencados, estão ligados aos processos, materiais, modelos, termos, ensaios, entre outros. No que se refere aos materiais, têm-se as seguintes possibilidades: armações cujas partes essenciais são feitas de material polimérico; armações elaboradas de material orgânico; armações cujas partes são confeccionadas em material metálico; armações combinadas de materiais diversos; e, armações sem aro. No que tange às terminologias e sistema de medidas convencionadas da armação, observa-se os seguintes pontos elencados nas normas NBR ISSO 7998:2012 e NBR 14993:3002.

Figura 19 - Características do Dispositivo



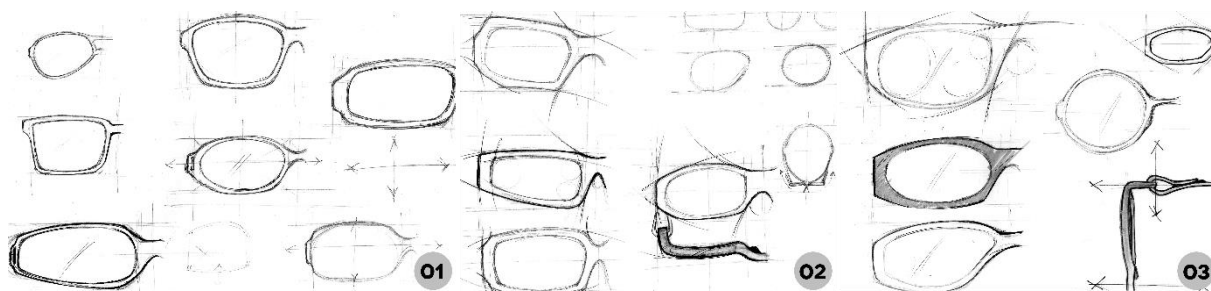
Fonte: Adaptado pelo autor, com base em Chaves, 2014.

4.2.2 IDEIAÇÃO DO PRODUTO

A partir de então, desenvolveu-se algumas propostas por meio de esboços, que para Julián e Albarracín (2006) é a fase mais criativa do desenho de um produto, nessa etapa, põem-se em prática os meios técnicos necessários para trabalhar o conceito e desenvolver as ideias. A fase inicial do esboço atinge uma primeira representação do objeto sem considerar as precisões dimensionais. São representações de conceitos que consideram apenas as suas linhas mais significativas. Para esse desenvolvimento, utilizou-se a técnica do *Brainstorming*, que segundo Viana *et al.* (2012), é uma técnica para estimular a geração de um grande número de ideias em um curto espaço de tempo, e, habitualmente utilizado, em momentos que se necessita de um grande volume de ideias.

Dividiu-se o desenvolvimento em três pranchas (FIGURA 20). Na primeira parte, verifica-se a presença de traços mais orgânicos, buscando fazer o traçado, predominantemente, no sentido horizontal e nas extremidades com bordas arredondadas. Na segunda, procuramos decompor mais as formas com características do traçado mais livre, mas sem perder a características da predominância do sentido horizontal. Além disso, observamos algumas formas de lentes de encaixe e o posicionamento do produto em relação à cabeça do usuário – vista frontal. Observa-se também, que os desenhos foram esboçados de apenas um lado da armação, pois, esses objetos tendem a ser simétricos. Na última parte desenvolvida, procuramos confeccionar uma mescla entre das duas primeiras pranchas, com adição de uma vista superior, para que pudéssemos desenvolver algumas propostas de encaixe entre à armação e a haste.

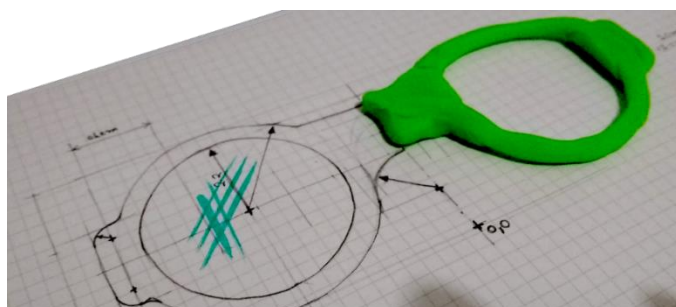
Figura 20 - Desenvolvimento das alternativas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Posteriormente, elaborou-se um desenho esquemático com o dimensionamento em Escala Natural⁵, para que pudéssemos analisar visualmente a disposição das partes do produto, posteriormente, utilizamos uma plasticina - popularmente conhecida como massinha de modelar - para darmos tridimensionalidade ao produto e assim ter uma melhor noção no momento do desenvolvimento do modelo virtual.

Figura 21 - Estudo da escala do produto.

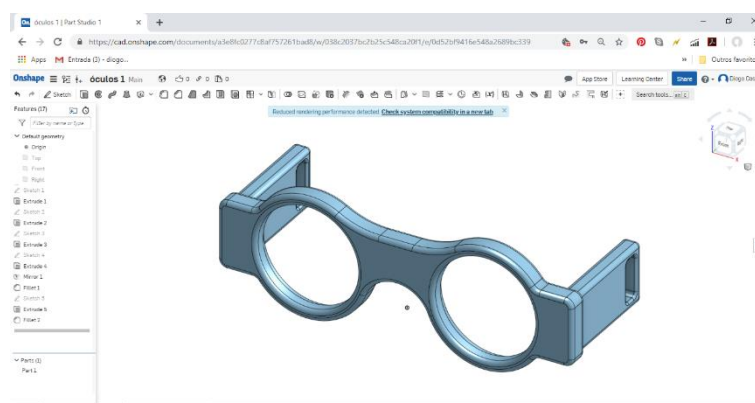


Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

⁵ ESCALA 1:1, para Escala Natural; Terminologia utilizada, conforme NBR8196.

Então, partiu-se para modelagem do produto por meio do software de modelagem CAD Onshape®. Observa-se na imagem que fizemos um alongamento de uma pequena região das extremidades, direita e esquerda, para que fosse criado o suporte lateral e com isso, possibilitando um melhor encaixe na cabeça da criança. Posteriormente, aplicamos uma subtração na parte da haste e arredondamos todas as arestas da peça, conforme podemos verificar na Figura 22.

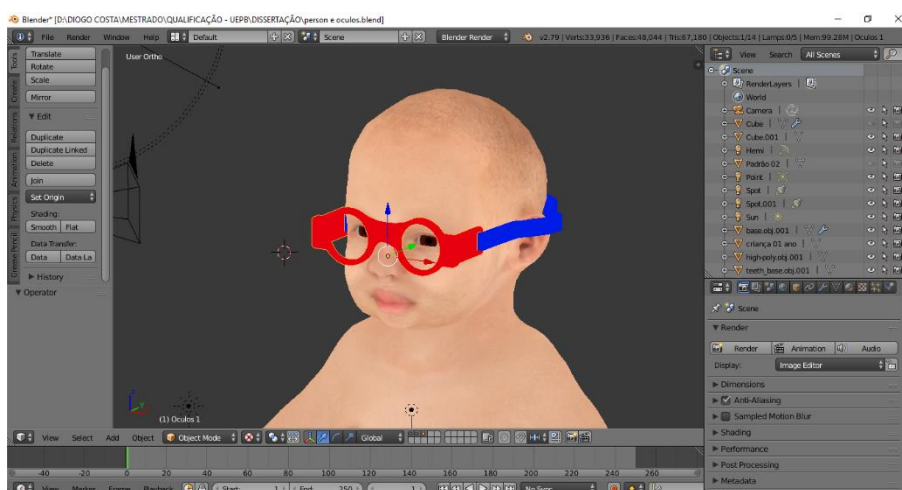
Figura 22 - Modelagem da primeira opção.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Com o modelo CAD da armação, introduzimos a etapa de conferência de escala para impressão, onde consiste utilização do software Blender® como local de convergência entre o modelo do humanoide e da armação (FIGURA 23). O detalhamento do processo de importação dos arquivos, dar-se-á no tópico Exportar Arquivo para Análise Virtual.

Figura 23 - Interação primeiro Produto e Humanoide no Blender.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Após esse ajuste, enviamos o modelo para impressão tridimensional, contudo, antes desse passo, fizemos a separação entre o produto e o humanoide e exportamos em arquivo. *Stl* individual. Na figura 24, observa-se algumas imagens relativas à impressão nos próximos tópico, bem como os parâmetros utilizados para imprimi-las em filamento de ABS.

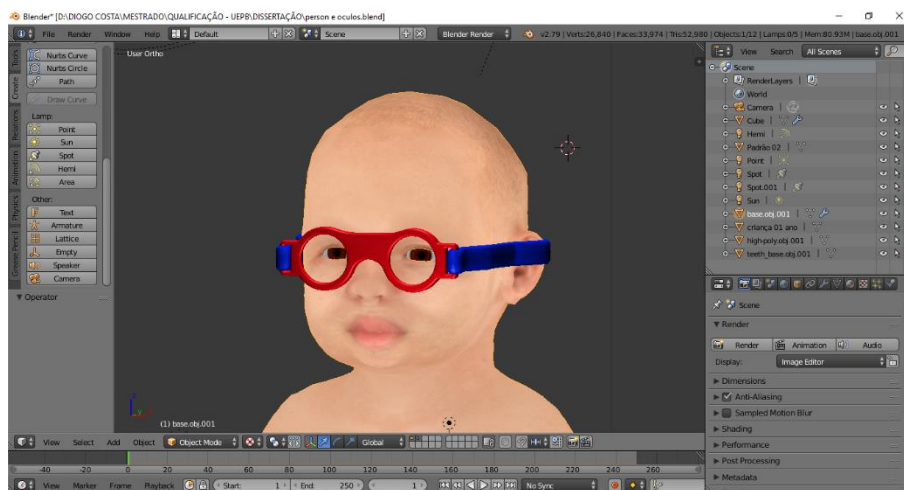
Figura 24 - Impressão do primeiro modelo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Em seguida, realizamos um pequeno estudo no modelo impresso e verificamos que poderíamos melhorá-lo, com objetivo de sintetizar o processo e diminuir os custos finais. Para tanto, realizamos algumas aplicações no modelo, conforme podemos observar na Figura 25. Subtraímos a haste lateral, incluímos o rasgo passante na parte frontal da armação, retiramos a elevação da forma da parte posterior e diminuimos os raios do *fillet* ao longo da peça.

Figura 25 - Interação segundo Produto e Humanoide no Blender.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

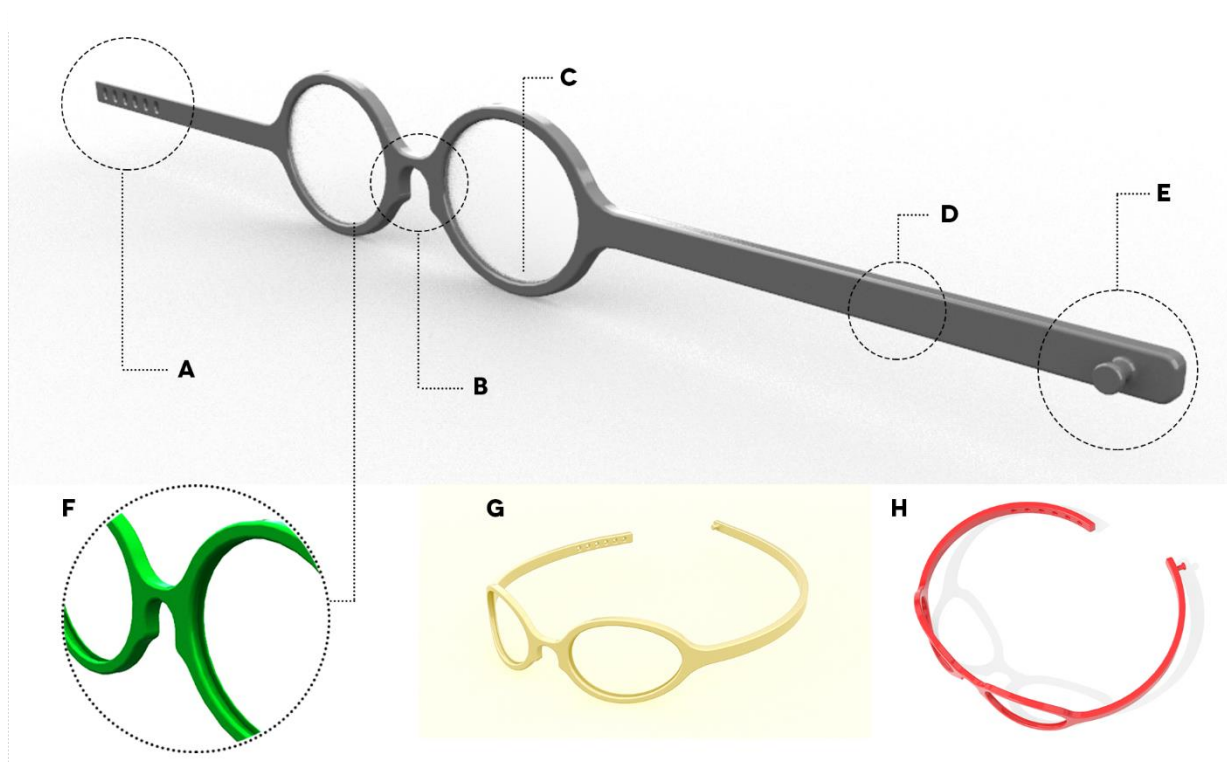
Figura 26 – Impressão Modelo B



Fonte: Adaptado pelo autor, 2019.

Contudo, a presente proposta (FIGURA 26), após a impressão dos quatro tipos de materiais (PLA, ABS, TPU e Resina) e uma breve análise funcional, mostrou-se com algumas falhas de projeto, como por exemplo a dificuldade no encaixe do produto com a cabeça do usuário, formato circular das lentes e a largura excessiva da ponte. Então, partiu-se para alteração da forma do dispositivo, tomando como referências as alternativas, anteriormente geradas, com isso, definiu-se o terceiro e definitivo modelo, aonde se pode observar a diminuição vertical do formato da lente (C), deixando-o com formato mais oval; acréscimo de elementos de encaixe na extremidade da haste criada (A e E); diminuição do tamanho da ponte (B); inclusão do sistema de encaixe para lente (F); acréscimo da haste (D); e nos detalhes (G e H) algumas variações de perspectiva de visualização da imagem. (FIGURA 27).

Figura 27 - Imagem Virtual da Terceira Proposta



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Então, realizou-se a impressão do modelo final e foi verificado que o produto atende às necessidades e características do projeto. Além disso, decidiu-se que o material final a ser impresso foi o TPU, visto que o PLA e ABS têm características de impressão que não condizem com o modelo final, pois apresentam rigidez e pouca ductilidade. Já a Resina 3D apresenta as características necessárias, contudo o valor dessa tecnologia e do material, resultam em produto com o valor elevado, quando comprado aos demais.

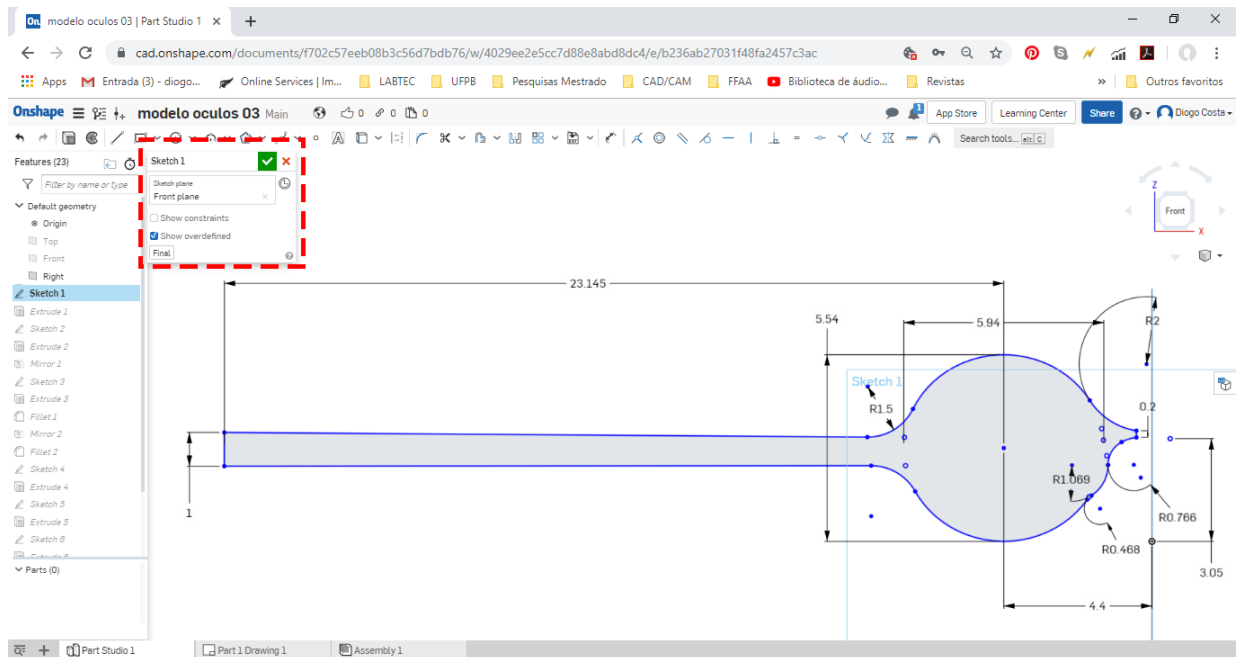
Então, os tópicos que seguem discursam a partir da Modelagem CAD deste modelo último criado, do processo de importação de arquivos para o *software* Blender e sua importância neste processo e uma breve análise comparativa entre os modelos criados, no que se refere à impressão tridimensional, e quais os parâmetros utilizados para prototipagem do modelo via CAM. Além disso, pode-se observar algumas imagens renderizadas das propostas desenvolvidas (APÊNDICE H).

4.3 PASSO A PASSO DA MODELAGEM 3D DO PROTÓTIPO - CAD

Para a confecção da modelagem virtual, conforme verificamos na metodologia deste projeto, utilizamos o software de livre acesso Onshape®, para tal, o material didático empregado foi o tutorial desenvolvido por Pérez (2016), que para a aprendizagem desse software é muito simples, permitindo-nos criar formas geométricas em 2D e 3D.

Construção do Sketch 01: Para construção inicial do modelo, utilizamos as ferramentas de desenho 2D - *Line*, *Corner rectangler*, *Center point cricle*, *Construction* e *Sketch fillet* - na coordenada (0,0,0), para construção do traçado inicial, ilustrado na Figura 28. A vista utilizada foi a Frontal, sob o eixo Z, X. Com isso, temos o primeiro elemento da nossa “árvore”, - sketch 1 - do lado esquerdo da tela. (Observar medidas no detalhamento técnico no Apêndice L).

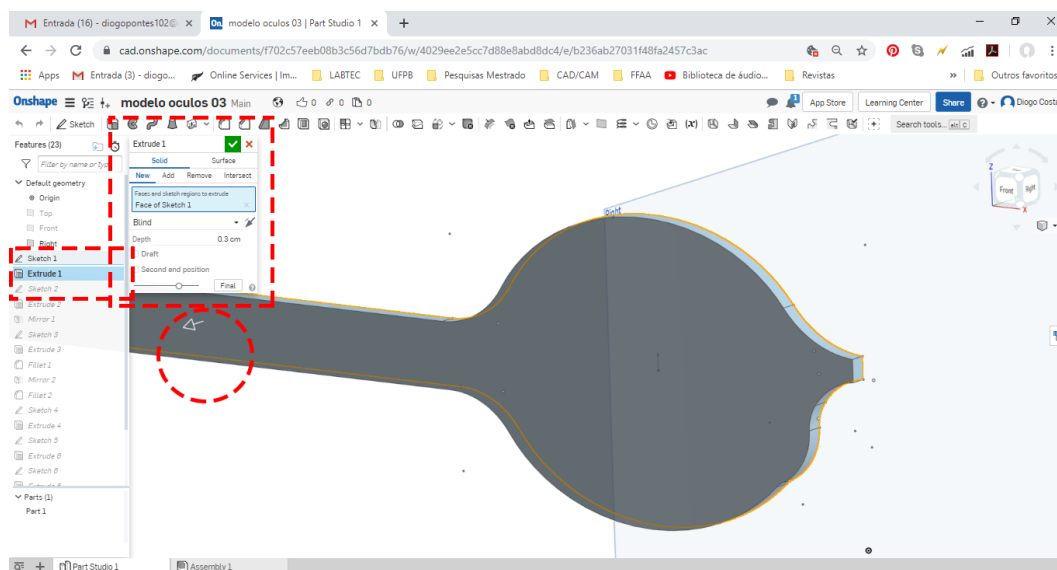
Figura 28 - Construção do esboço principal no Software OnShape.



Fonte: Capturado pelo autor, 2019.

Extrude 01: O próximo passo aplicado, foi a extrusão do desenho bidimensional, para tal, torna-se necessário abrir uma nova aba da “árvore”, após selecionar o comando - *Extrude* - e clicar na região do desenho. Com isso, podemos observar que uma “aba de diálogo” foi aberta e então, aplicamos a medida < 0.3cm > de no formato *Blind*, conforme podemos verificar no destaque em laranja na Figura 29.

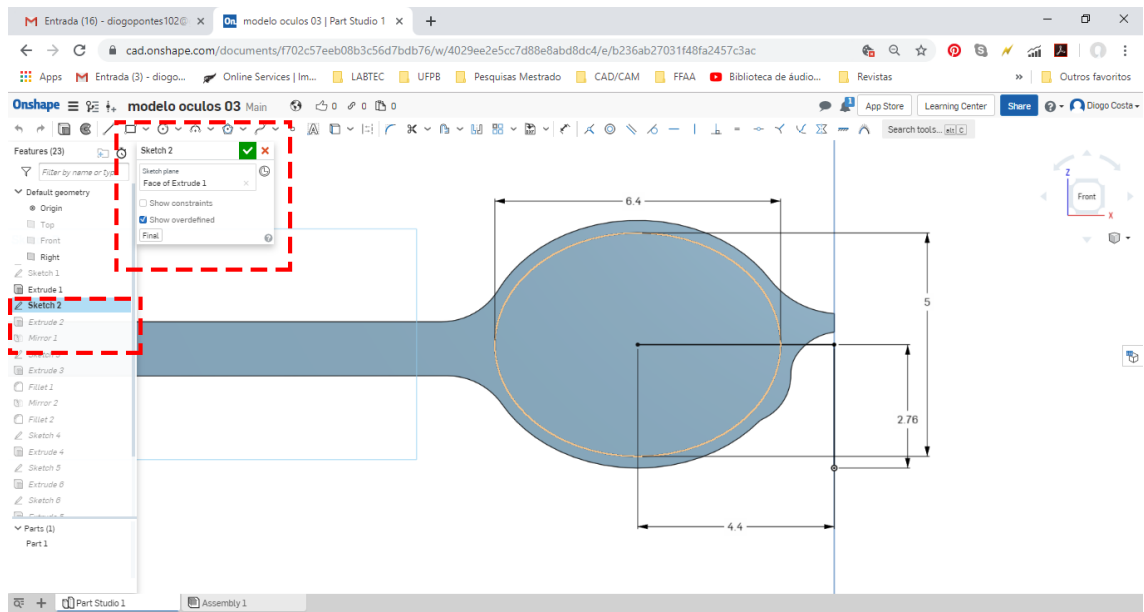
Figura 29 - Aplicação da Ferramenta *Extrude*.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Construção do *Sketch 02*: Esta etapa teve por objetivo a criação dos esboços necessários para construção do rasgo não passante, local para acoplar a lente do óculos. Para tal, utilizamos a vista frontal e criamos o *sketch 2*, a partir, do primeiro plano da modelagem. Afim de uma melhor visualização, clicou-se na palavra *Front*, presente no cubo de orientação espacial. Adiante, construímos uma - *Line* - de < 4.4 cm > do centro da circunferência principal ao ponto médio do segmento de reta da extremidade esquerda, e clicamos na opção - *Construction* - para torná-la em linha de referência. Em seguida, realizou-se a construção da elipse de altura 5.00 e Largura 6.40, tomando como eixo central a extremidade direita da linha de referência.

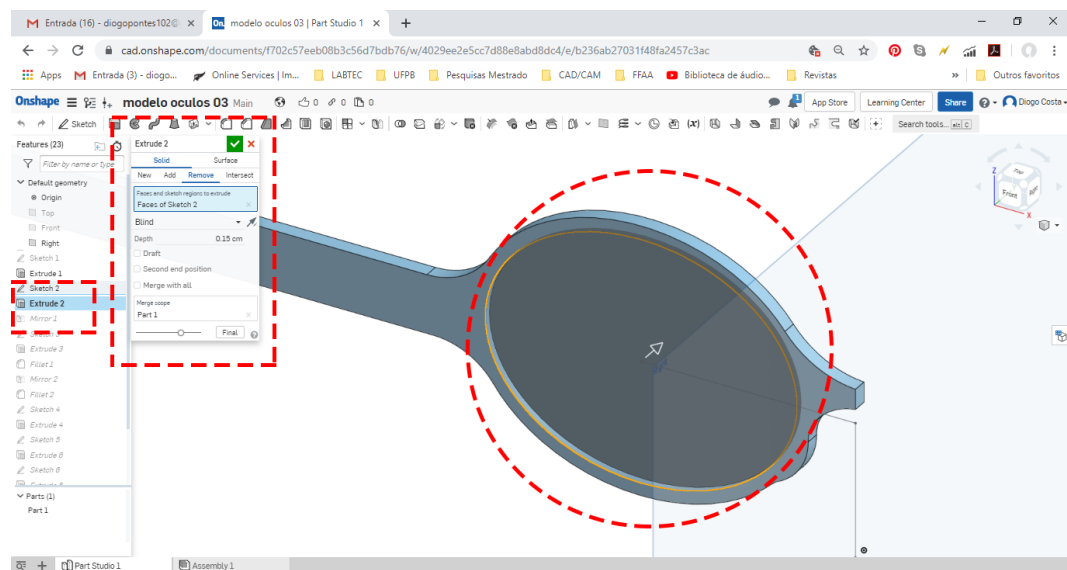
Figura 30 - Construção do Sketch 2.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Extrude 02: Então, partiu-se para subtração do elemento construído anteriormente, para tal, selecionamos a opção *Extrude*, e clicamos na região do círculo, com isso, observa-se a abertura de uma “caixa de diálogo”, na Figura 31, em destaque. Nesta caixa, selecionamos o tópico *Solid* e o subtópico *Remove*, posteriormente optou-se pelo parâmetro *Blind* e o ajustamos a medida de *depth* para [0.15 cm] e confirmamos na seta verde, para findar o trabalho.

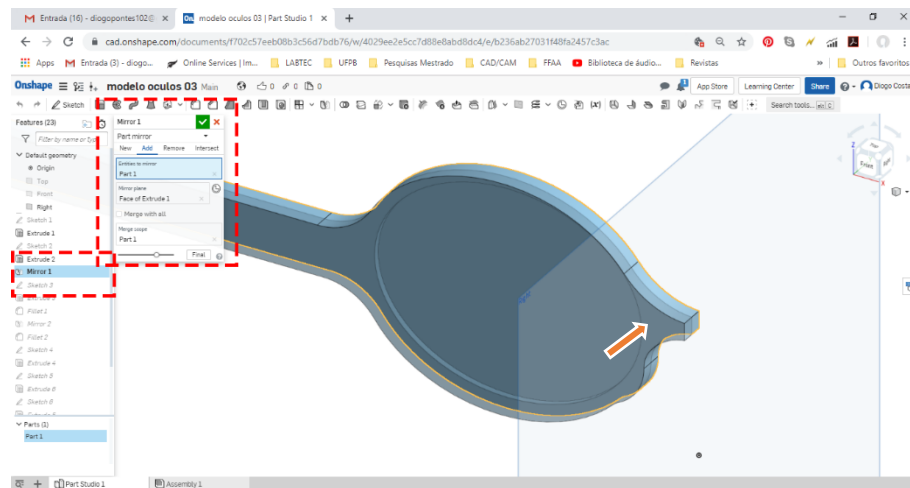
Figura 31 - Construção do Extrude 2.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Aplicação do Mirror 1: O primeiro espelhamento teve por objetivo duplicar a espessura do objeto, bem como manter as propriedades do passo anterior (*extrude 02*). Para tal, seleciona-se todo o dispositivo e o comando *Mirror*. Clica-se na caixa de diálogo (em destaque) no parâmetro “mirror plane” e na face frontal, sinalizada pela seta.

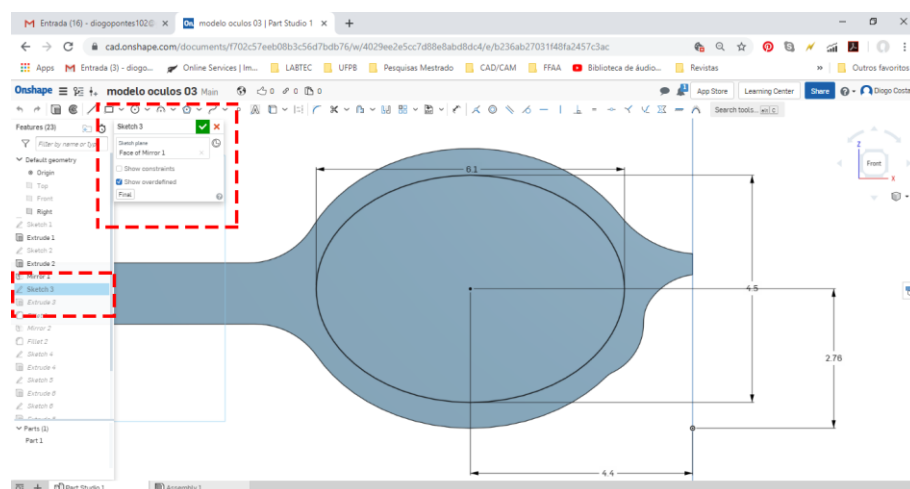
Figura 32 - Aplicação do Mirror 01



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Construção do Sketch 03: A construção desta etapa se deu, a partir, da necessidade de criar um rasgo passante na face frontal do dispositivo. Para tal, seleciona-se a face desejável para subtração, posterior para que pudesse abrir uma nova aba – *Sketch 3* - na “árvore” e construímos uma elipse de 4.50 x 6.10, a partir do centro das demais já criadas.

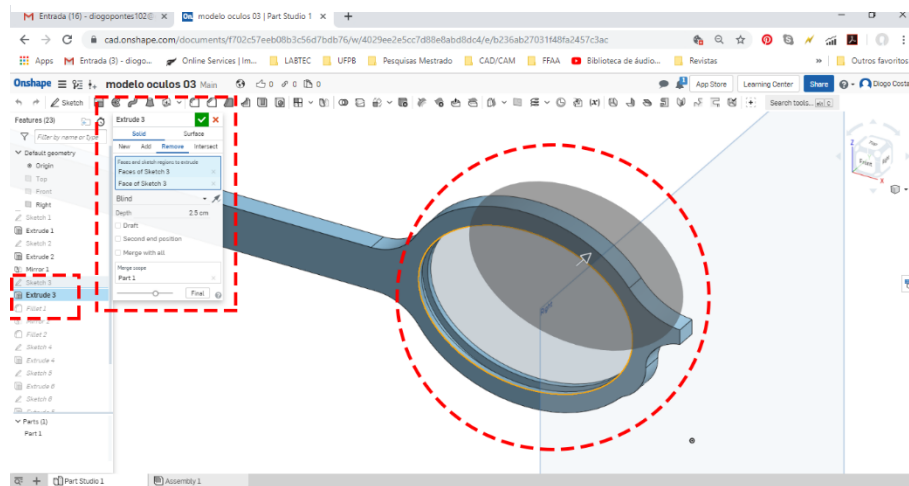
Figura 33 - Construção do Sketch 03



Fonte - Elaborado pelo autor, 2019.

Extrude 03: Posteriormente, realizou-se novamente o processo do *extrude*, no entanto, utilizamos a forma realizada no passo anterior (*sketch 3*) para subtração da parte desejável. Além disso, selecionamos a opção *solid* e o parâmetro *Remove* - ambos na aba horizontal, ademais, aplicamos a distância no *deph*t de 2.50 cm e selecionamos a opção *blind*, por fim, confirmamos o trabalho.

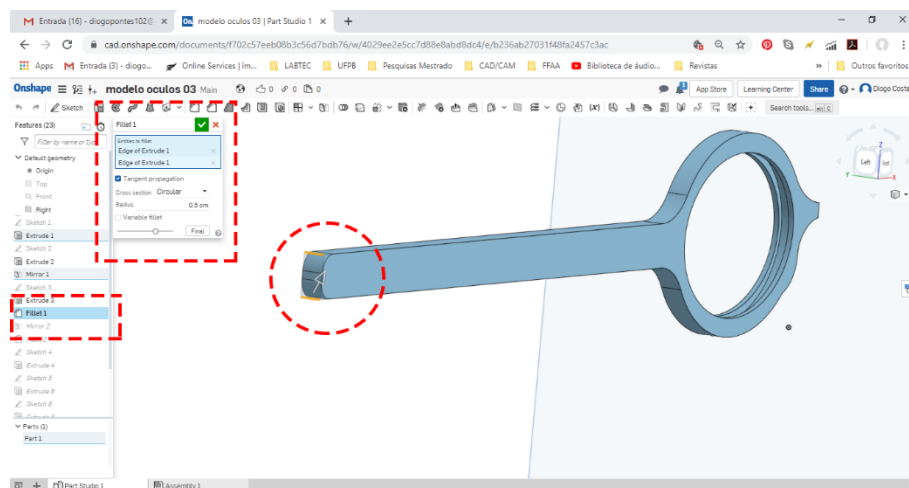
Figura 34 - Aplicação do Extrude 03



Fonte - Elaborado pelo autor, 2019.

Construção do Fillet 01: Na Figura 35, pode-se observar em destaque a construção do primeiro *Fillet*, com parâmetro de 0.50 cm, com vistas a suavizar as extremidades do dispositivo.

Figura 35 - Aplicação do Fillet 01

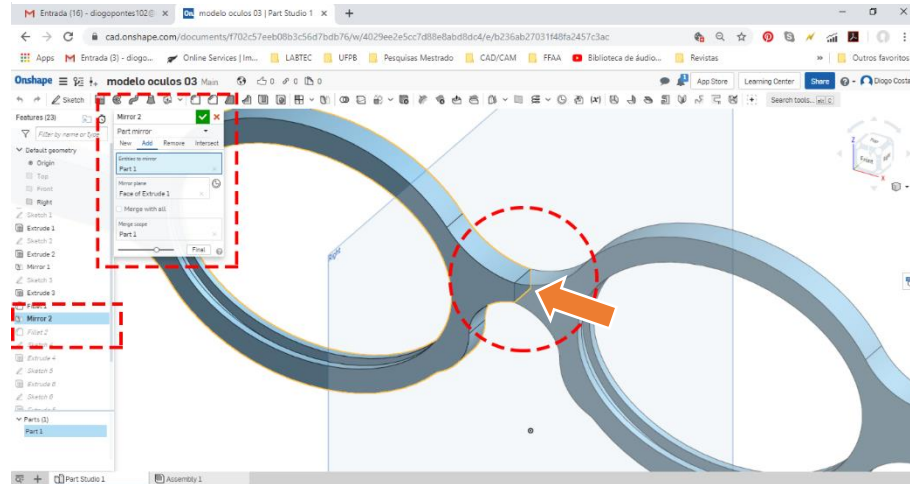


Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Aplicação do Mirror 2: Sendo o dispositivo simétrico, tornou-se possível, como podemos observar nas etapas anteriores, a construção parcial, para completar a forma, foi-se

necessário a aplicação do comando mirror (espelhar), tomando como referência a face em sinalizada pela seta.

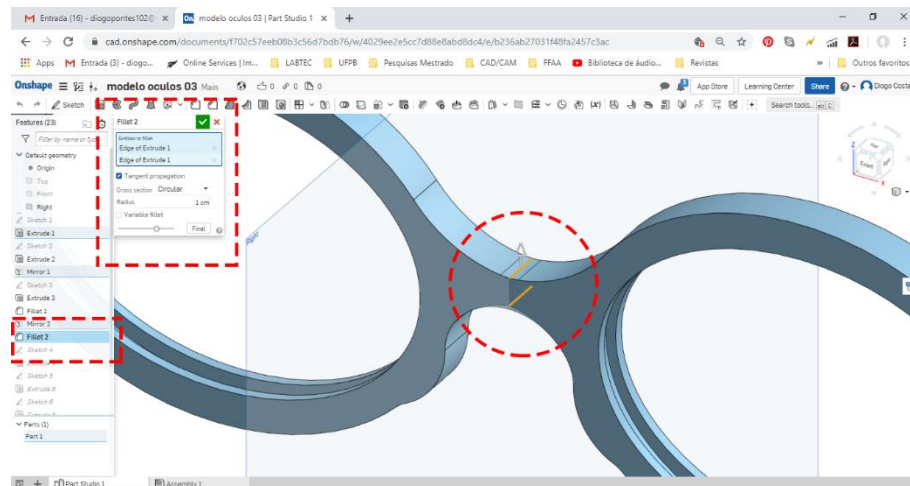
Figura 36 - Mirror 2



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Construção do Fillet 02: Com objetivo de suavizar a interseção desses elementos, aplicou-se uma *fillet* de 1.00 cm, na aresta em destaque.

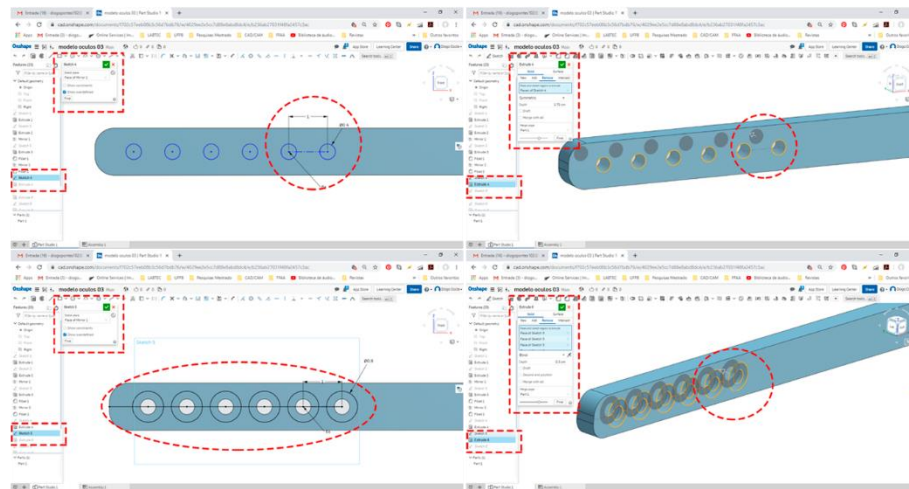
Figura 37 - Fillet 02



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Construção do Sketch/Extrude 4 e 5: Posteriormente, tornou-se necessário a construção dos elementos de encaixe (macho e fêmea) da haste. Neste primeiro momento, realizou-se a construção da subtração da haste lateral esquedra, conforme medidas da Figura 38.

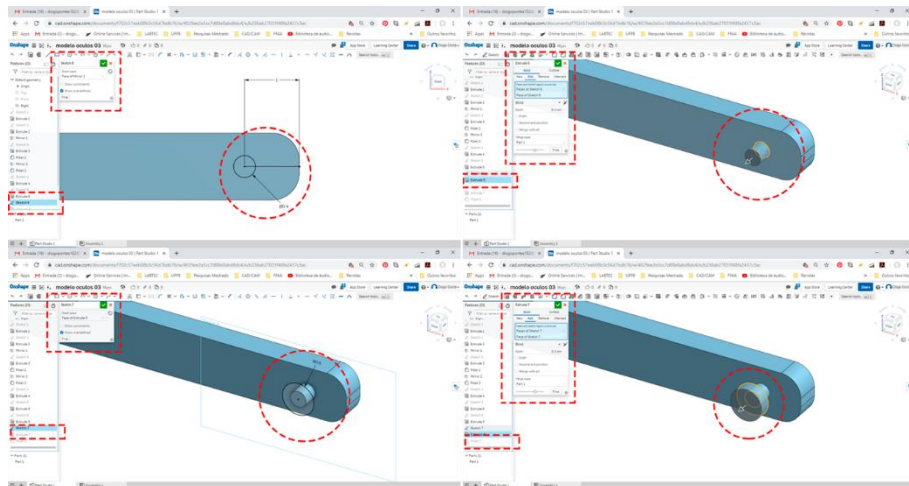
Figura 38 - Sketch/Extrude 4 e 5



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Construção do Sketch/Extrude 6 e 7: No lado direito da haste do dispositivo, realizou-se a construção do pinos de encaixe, para tal, aplicou-se a distância de 1.00 cm da extremidade ao eixo central do círculo de diâmetro 0.40 cm e extrusão de 0.40 cm. Tomou-se como plano de referência a face do elemento construído e criou-se um círculo de diâmetro 0.80 cm e extrusão de 0.30 cm.

Figura 39 - Sketch/Extrude 6 e 7

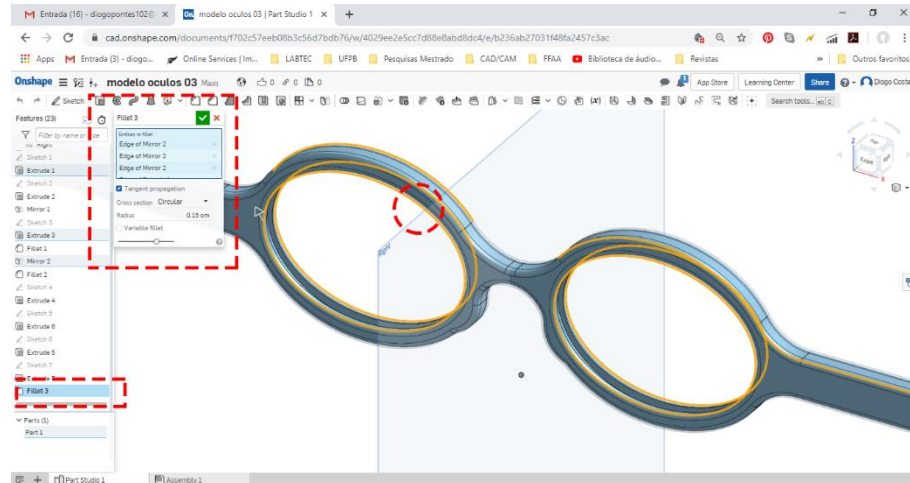


Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Aplicação do Fillet 03: Por fim, aplicou-se o *Fillet* nas arestas que desejamos, afim de suavizá-las para melhor o acabamento da impressão tridimensional. Para esse fim, selecionamos o comando e, ao abrir a caixa de diálogo, clicamos nas arestas e aplicamos a medida de raio (0.15

cm) e o tipo do fillet, no caso colocamos o circular, e confirmamos a operação, conforme podemos verificar na Figura que segue.

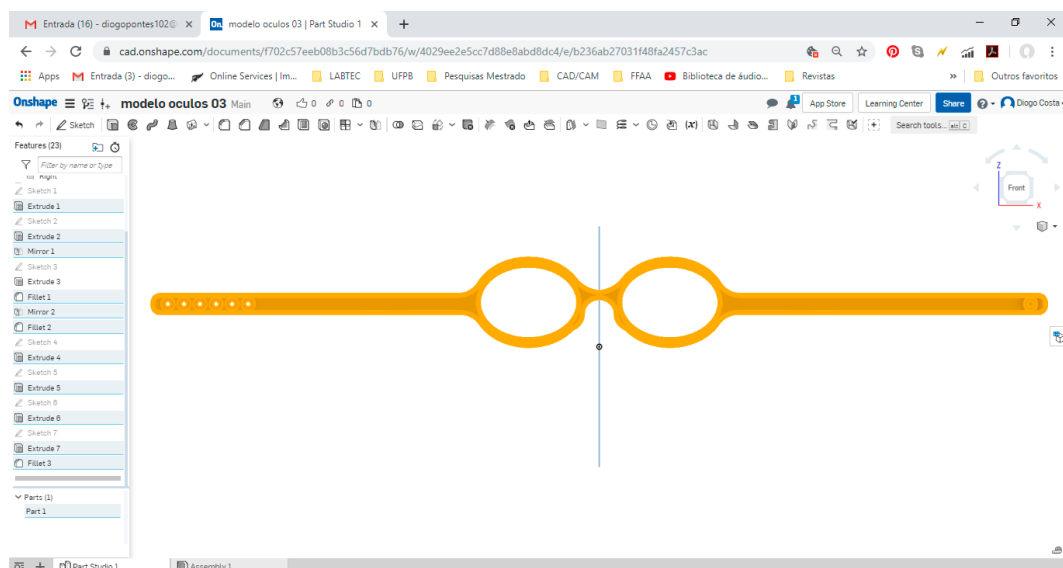
Figura 40 - Aplicação do Fillet 3



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Resultado Final: Para confirmar o trabalho, basta fechar o navegador da internet. Já para exportar o arquivo em outros formato, basta clicar com o botão direito do mouse e escolher a opção *export* da caixa de diálogo que aberta, então basta configurar o modo de exportação e confirmar o trabalho.

Figura 41 – Finalizar construção

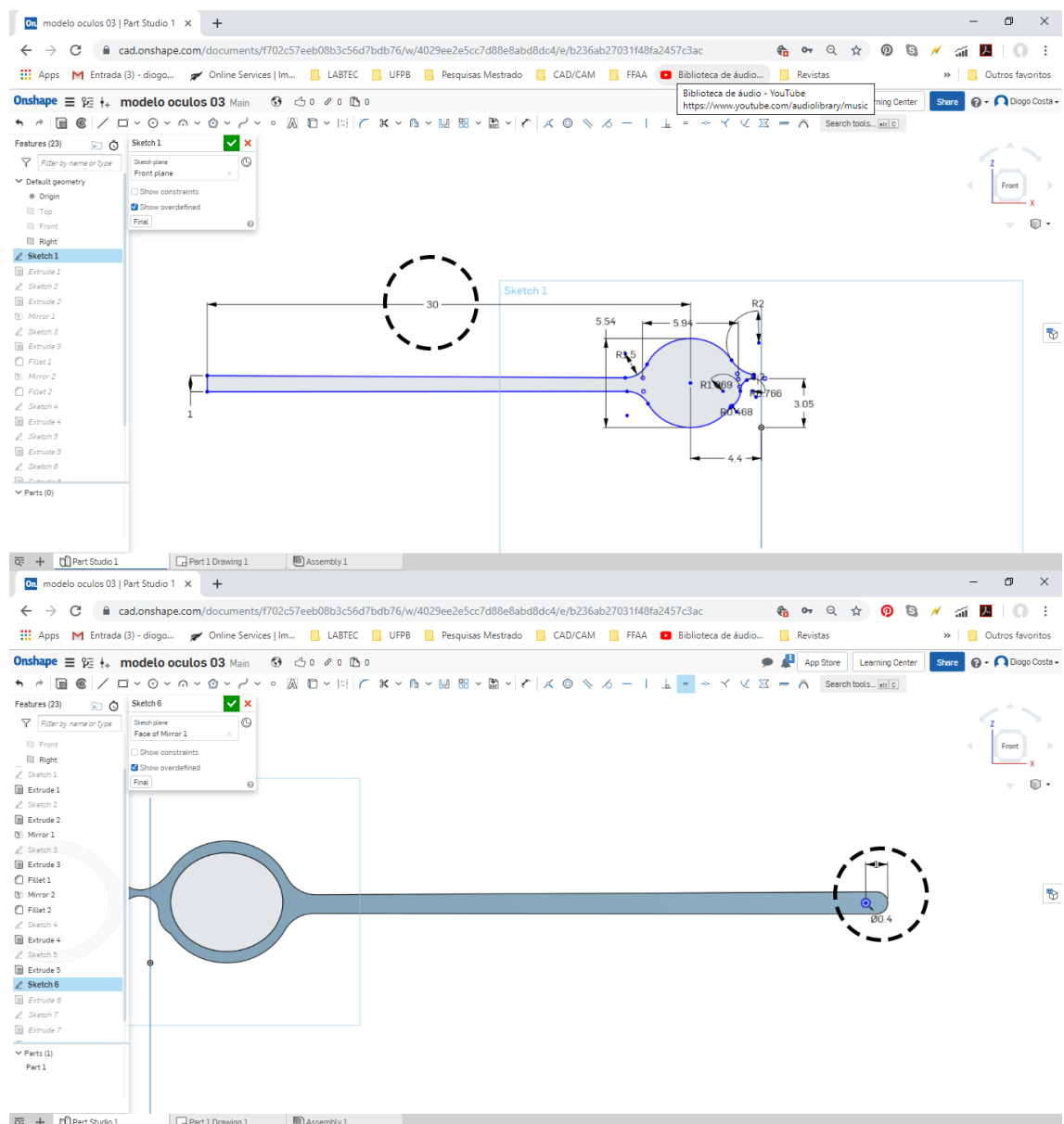


Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

4.3.1 EDITANDO MEDIDAS NO ONSHAPE

Para editar o dimensionamento da modelagem CAD, basta abrir o arquivo, selecionar o *Sketch*/esboço que está presente na árvore do projeto; clicar duas vezes em cima do número que corresponde a medida e, por fim, atribuir o valor desejável. Na Figura 42, podemos observar esse processo de forma ilustrativa, onde o projetista tinha por objetivo aumentar o dimensionamento geral do produto de 23.1 cm para 30.0 cm e confirmar o trabalho clicando na seta verde. Posteriormente, devemos abrir o sketch 6 e colocar distância de 01 cm entre o centro do raio do Pino e a extremidade da haste e confirmar o trabalho.

Figura 42 - Editar medidas



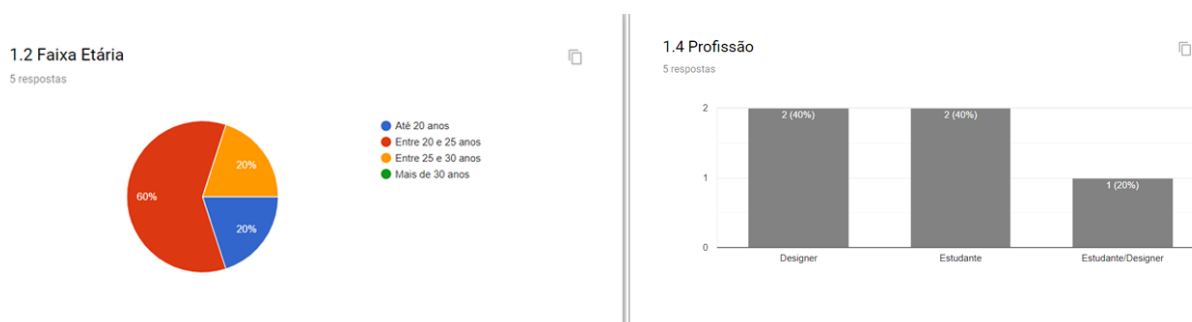
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

4.3.2 VALIDAÇÃO DO PROTOCOLO

Para validação do protocolo, buscou-se cinco usuários que tenham experiência, pouca ou muita, com softwares de modelagem digital. O primeiro momento consistiu de uma breve explicação das ferramentas do Onshape, como teste de calibração, para que todas tivessem o mesmo nível. Depois realizamos uma explanação do projeto de pesquisa e então mostramos o produto virtual e o protocolo. Ao concluir o trabalho foi aplicado o questionário (Apêndice J), afim de compreender quais foram as perspectivas de cada usuário. Para auxiliar na compilação dos dados, utilizou-se a ferramenta do Formulário Google. O link⁶ do formulário ficou disponível até o final do dia 25 de Setembro de 2019.

Em relação às **características dos usuários**, conseguimos perceber que 60% foram do sexo masculino e 40% feminino; todos esses com idade inferior a 25 anos; residentes do estado da Paraíba, concentrando-se nas cidades de Campina Grande, Mamanguape e Rio Tinto; todos são da área do design, sendo que três deles ainda com o nível superior em andamento e os demais já diplomados. Já em relação às **experiências**, todos já tinham utilizado tutoriais/protocolos para criação virtual de produto (peças mecânicas, utensílios domésticos e personagens), e que a prevalência maior de uso foi do software Rhinoceros®, 80%. Foi possível observar que nenhum dos candidatos afirmaram que conseguiram concluir todos os tutoriais já utilizados, mas apenas 80% afirmou “na maioria dos casos”, e que o grande entrave foi a complexidade do produto e um usuário relatou a dificuldade da leitura visual, por conta da escassez de ilustrações.

Figura 43 - Características do Usuário



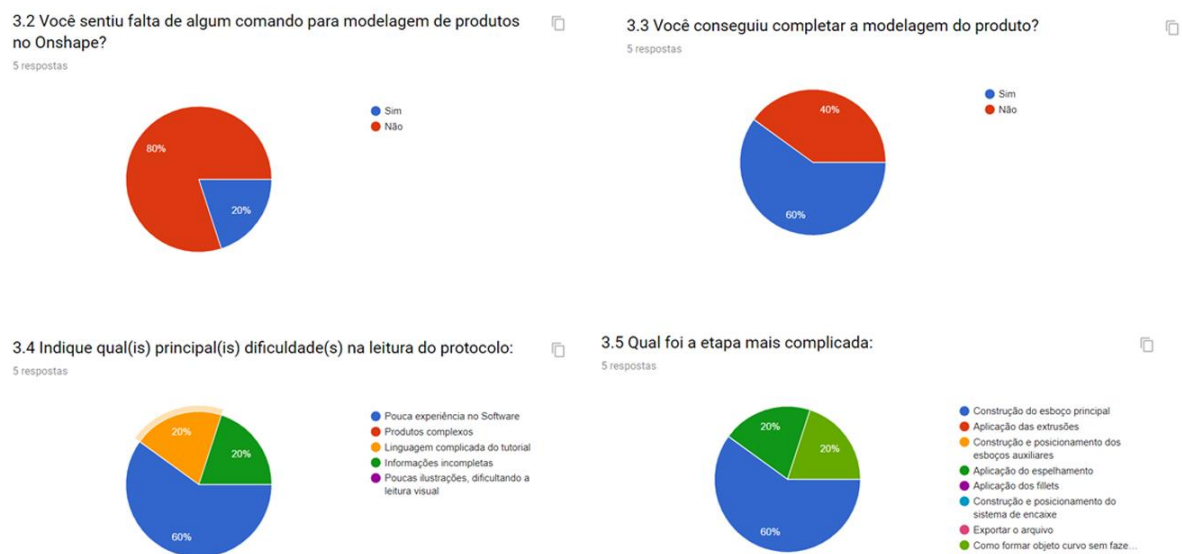
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

No que se refere ao **uso do software OnShape**, 80% dos usuários afirmaram ter menos de 01 mês de experiência e que todos tiveram uma boa impressão, apenas 01 usuário afirmou “de

⁶ Link: https://docs.google.com/forms/d/1d2fk7XALaJ85sXngoX24t_gT2gpmrArRYH-7-21FZGE/edit

certa forma complexo”, mas “interessante por ser online”. Apenas 01 usuário sentiu falta de alguma ferramenta, em relação a outros softwares, que foi a possibilidade de acrescentar telas de visualização. Em relação ao **protocolo**, três participantes conseguiram concluir o trabalho sem dificuldades, um não conseguiu por causa da dificuldade em aplicar uma das etapas (o espelhamento) e outro não conseguiu completar o esboço inicial. Observa-se que a prevalência de dificuldade foi na construção do primeiro esboço, conforme figura 44.

Figura 44 - Uso do protocolo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

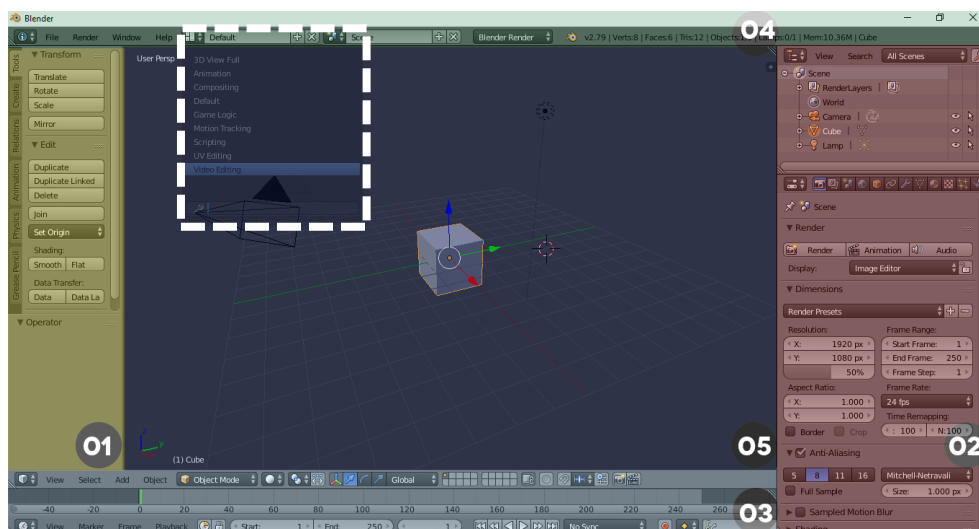
Pode-se afirmar que a maioria dos participantes, mesmo com pouca experiência, conseguiram completar a modelagem do produto, mas que torna-se necessário aplicar uma linguagem mais intuitiva ao protocolo. Contudo, caso o usuário não consiga concluir as operações mais complexas do protocolo, basta fazer a solicitação do arquivo editável do software e realizar os procedimentos de edição das medidas (como mostrado no tópico anterior), facilitando assim todo o processo.

4.4 IMPORTAR ARQUIVOS NO BLENDER®

Afim de explanar com detalhes o procedimento necessário desta etapa, recomenda-se⁷ que o leitor tenha um breve conhecimento do *software*. No entanto, buscamos traduzir as informações da forma mais simples, por meio de recursos das imagens presentes no escopo do relatório. Destaca-se que o objetivo principal desta etapa é proporcionar ao projetista o ajuste da proporção da armação do óculos, tomando como referência a cabeça do humanoide criado no MakeHuman®. Os próximos passos consistem numa breve explicação de algumas características do software e da forma de interação, para tal, além dos procedimentos adotados para realização do estudo.

Ajustar Interface do Blender: Podemos observar na Figura 45, que a Interface padrão do software divide-se em cinco partes, sendo: barra horizontal superior e barra horizontal inferior (01 e 02); barra vertical da lateral direita e esquerda (03 e 04); e, tela central (05). Esse padrão pode ser alterado quando alteramos do modo *default* para outros – área tracejada.

Figura 45 - Interface do Software Blender.

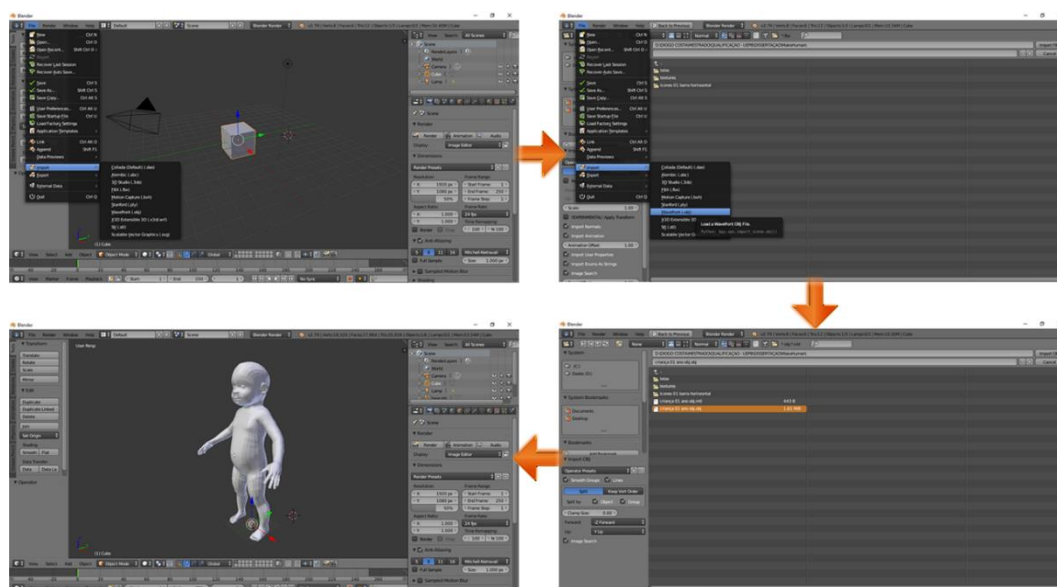


Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

⁷ MORAES, Cícero; MIAMOTO, Paulo. Manual de Reconstrução Facial 3D Digital: Aplicações com Código Aberto e Software Livre - 1. ed. - Sinop-MT: EXPRESSÃO GRÁFICA, 2015. Pag. 78-166.

Importar arquivos: Para iniciar o processo, basta clicar na opção *File* – da barra horizontal superior, e dentre as opções possíveis, selecione o *Import*, posteriormente, selecione o formato da extensão do arquivo, no caso do Makehuman. *Fbx* ou *.obj* e do Onshape no formato. *Stl*. Ademais, uma nova “janela” será aberta, na qual, podemos fazer a busca nos arquivos, seja do computador ou de dispositivos móveis. Ao encontrar o arquivo desejável, selecione-o e clique na opção *Import OBJ* e o modelo, automaticamente, estará na área de trabalho do software, conforme pode ser observado na Figura 46.

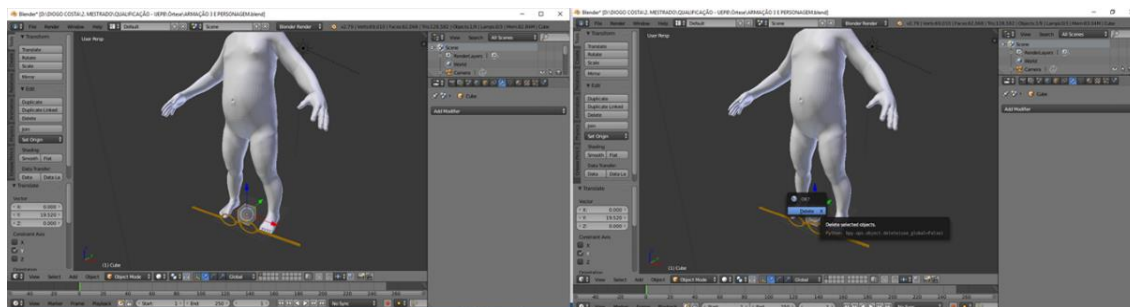
Figura 46 - Importante arquivos para o Blender.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Ajustar área de trabalho: Inicialmente, faz-se necessário eliminar o cubo da área de trabalho (FIGURA 47), esse cubo corresponde ao elemento que encontra-se presente ao abrirmos o arquivo pela primeira vez, para tal, basta clicar com o botão direito do mouse e clicar na tecla “delete” e confirmar o trabalho clicando no “enter”.

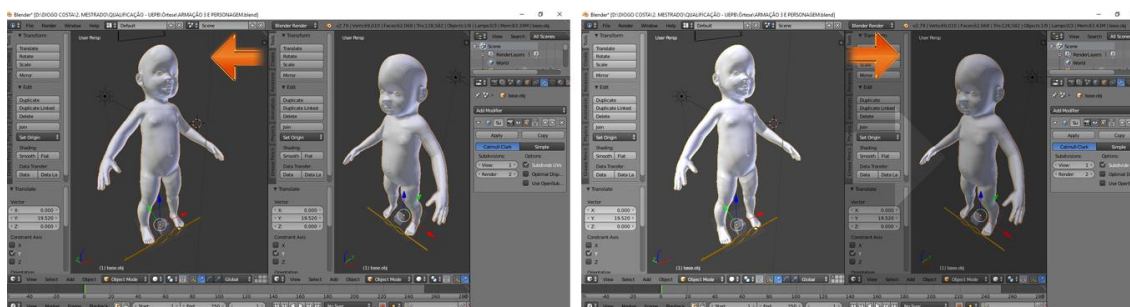
Figura 47 - Eliminando objetos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Próximo passo consiste em adicionar uma janela e/ou ajustar a distribuição na interface (FIGURA 48), com vistas a uma melhor organização. Para tal, basta clicar e pressionar o ícone - indicado pela seta verde - da direita para esquerda ou de cima para baixo que uma nova tela será adicionada, e no sentido inverso para fechá-las.

Figura 48 - Ajustar tela da interface.

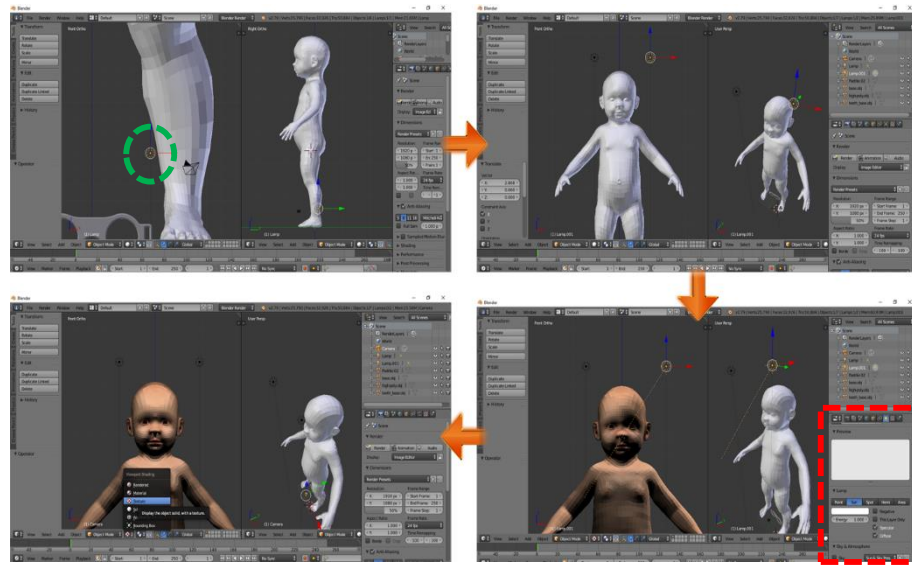


Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Posteriormente, ajustamos e/ou adicionamos luzes no ambiente com objetivo de visualizar a textura dos objetos e utilizá-la para renderização, ressaltamos que esta etapa poderá ser realizado a posteriori. Para executar esta tarefa, basta clicar com o botão direito do mouse no ponto de luz (em destaque verde). Ademais, pode-se alterar o posicionamento do ponto de luz, utilizando o vetores axial (x, y e z).

Na área vertical do lado direito, podemos observar a presença dos parâmetros que alteram as configurações da luz (retângulo vermelho), caso essa esteja selecionada. Por fim, podemos alterar a forma de apresentação do humanoide, ao selecionarmos a opção de textura da aba *Viweport Shading*, como podemos verificar na Figura 49.

Figura 49 - Ajustes do Cenário



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Alinhar e ajustar escala: O processo de alinhamento da armação do óculos com a face do humanoide, consiste na seleção da parte e aplicação do processo do “mover”, semelhante ao executado anteriormente. Na segunda imagem, observamos a questão do ajuste da escala, para esse fim, basta selecionar o produto e clicar na letra “s” do teclado, e, ao passo que movemos o mouse o tamanho da peça altera, mas caso seja necessário, coloca-se fator de escala (redução ou ampliação) com o teclado numérico, que o ajuste ocorre de forma automática.

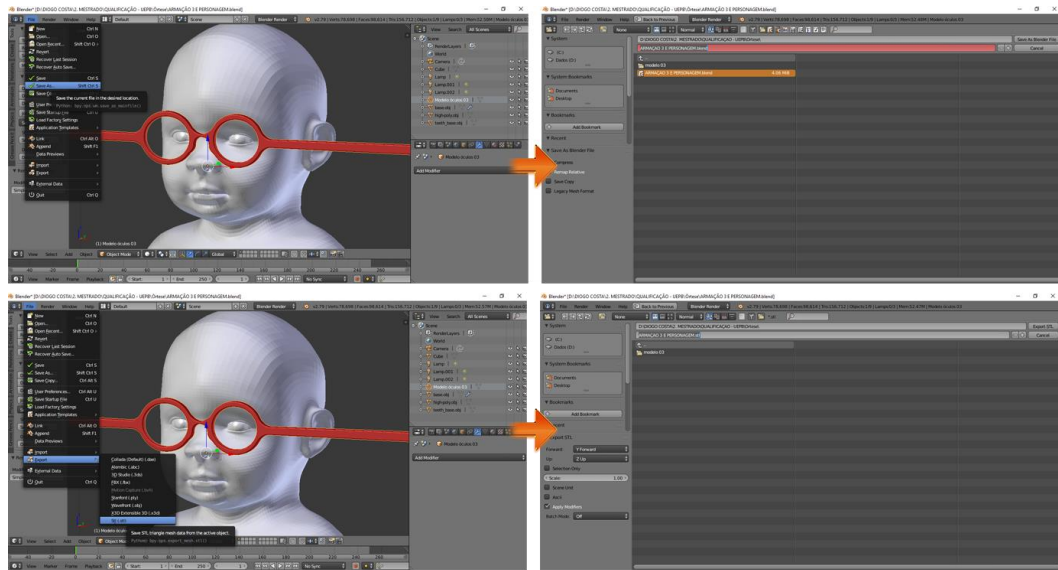
Figura 50 - Ajustar a escala para impressão 3D



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Exportar em arquivo. Stl: Por fim, salvamos dois arquivos, sendo o primeiro em formato padrão do Blender e o segundo em formato. Stl, para este, devemos deletar todos os elementos que não serão impressos e então realizamos o processo de exportação, como podemos observar na Figura 51.

Figura 51 - Exportando arquivo em formato .stl



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Destaca-se que a apresentação deste processo não consiste na construção do elástico presente nas imagens da apresentação do produto final, pois, esse material foi considerado um insumo e não foi adquirido por impressão 3D.

4.5 IMPRESSÃO 3D – CAM

Afim de trazer mais detalhes relativos ao processo da impressão tridimensional da peça, tornou-se necessário a divisão por etapas, conforme iremos observar nos tópicos que seguem.

4.5.1 A IMPRESSORA E O MATERIAL

Inicialmente, optou-se pela impressora “Tevo Tornado Impressora 3d - Quadro Alumínio Diy 3d Printer”, essa impressora tem um baixo custo de aquisição e manutenção, além de fazer parte do grupo *Do It Yourself* (DIY), ou seja, o equipamento vem com as instruções para que o usuário faça a montagem e muitos dos componentes do equipamento, estão modelado em arquivos CAD, para que, caso seja necessário, o próprio usuário possa imprimir e resolver o problema, sem a necessidade de comprar uma nova peça. Podemos observar as seguintes especificações e características desse modelo de impressora na Tabela 03:

Tabela 3 - Especificação da Impressora 3D

DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
Tamanho da Impressora	50 x 60 x 62 cm
Peso da Impressora	Média de 13 Kg
Área de Impressão	30 x 30 x 40 cm
Voltagem	220 V
Fonte de alimentação	24 V
Velocidade Máxima de Impressão	150 mm/s
Qualidade de Impressão	Até 50 Microns
Tipo da Extrusora	Titan de estilo Bowden
Diâmetro do Bocal	0,4 mm
Materiais de Suporte	PLA, ABS, PETG, entre outros.
Diâmetro do Material	1.75 mm
Formato do Arquivo	STL ou GCODE
Software Compatível	Cura, Repetier-Host, Simplify3D
Suporte do Sistema	Windows, Linux, Mac

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Podemos identificar que a estrutura do equipamento é estável e confiável, pois foi fabricada toda em alumínio, e que existem dois métodos de comunicação com a máquina: ou por cartão SD (*off-line*) ou diretamente pelo computador (*on-line*). No tocante aos materiais, como visto anteriormente, decidiu-se pelo Filamento TPU Branco Basic, com custo médio de 130 reais. O carretel do filamento utilizado foi de 500g - peso líquido e diâmetro de 1,75 +- 0,05 mm.

Tabela 4 - Parâmetros dos Materiais

DESCRIÇÃO	PARÂMETRO do TPU
Temperatura de Impressão Recomendada	210° A 230°C
Temperatura da Mesa	Inferior a 60°C
Dureza Superficial	Shore 90A
Velocidade de Impressão 3D recomendada	40 mm/s
Cor	Diversos
Fabricante	Graphene 3D Lab (USA)
Material	TPU (Thermoplastic polyurethane) ≥ 70%

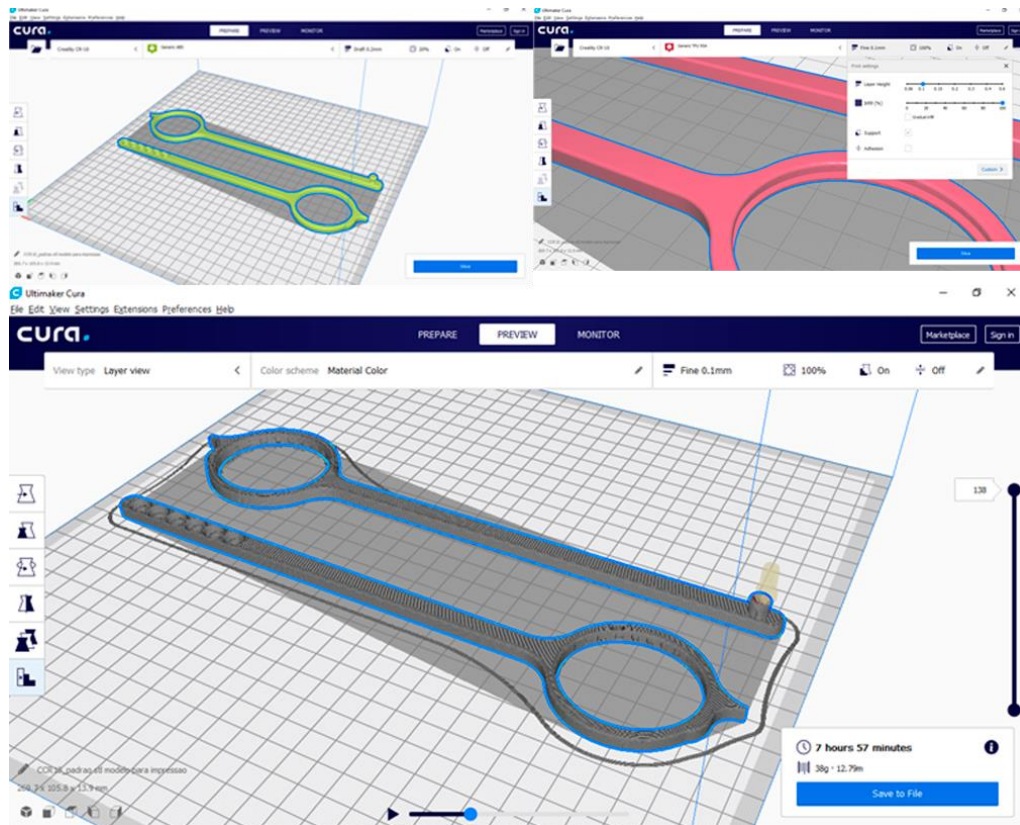
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

4.5.2 O SOFTWARE DA IMPRESSÃO

Em relação ao *software* utilizados, empregamos o “Cura 3D”, esse por ser de livre acesso e ter uma interface que facilita a comunicação com o leitor. Afim de ceder mais informações, Pode-se observar no Apêndice I, um pequeno resumo de como utilizar o software. No caso do presente projeto, utilizamos a extensão de arquivo *g-code*, contudo, esse arquivo pode ser diferente, caso o modelo de impressora não aceite-o. No próximo tópico, apresentaremos os parâmetros aplicados na impressão realizada.

Para impressão tridimensional do modelo, foi necessário fazer uma seção no ponto médio da armação, pois a área de impressão é menos do que o comprimento total do produto, conforme Figura 52.

Figura 52 – Telas do Cura para Impressão



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Na tabela 5, pode-se observar os seguintes parâmetros de impressão, onde destaca-se o valor da impressão, esse cálculo incluindo não apenas o custo do material, mas também do consumo de energia, cola da base da impressão e deteriorização do equipamento.

Tabela 5 - Requisitos e Parâmetros da Impressão

REQUISITO	PARÂMETRO	REQUISITO	PARÂMETRO
Material	Filamento TPU	Top Layer	0.0
Layer Height	0.1 mm	Bottom Thickness	0.6 mm
Infill %	100%	Bottom Layers	999999
Support	ok	Print Speed	60 mm/s
Wall Thickness	0.8 mm	Tempo de Impressão	7h 57 min
Wall Line Count	2	Quant. Material (g)	38 g
Top Thickness	0.6 mm	Quant. Material (h)	12.79 m
		Valor da Impressão	59,00 Reais

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

4.6 A IMPRESSÃO

Após a extração das peças (FIGURA 53), pôde-se observar que a espessura da camada interferiu de forma positiva no acabamento superficial da peça, visto que, quanto menos o espaçamento entre os “fios” mais fácil o pós-processamento.

Figura 53 - Impressão 3D do Prototipo. 01- Parte da peça extraída; 02 e 03- Mostra da flexibilidade do material.

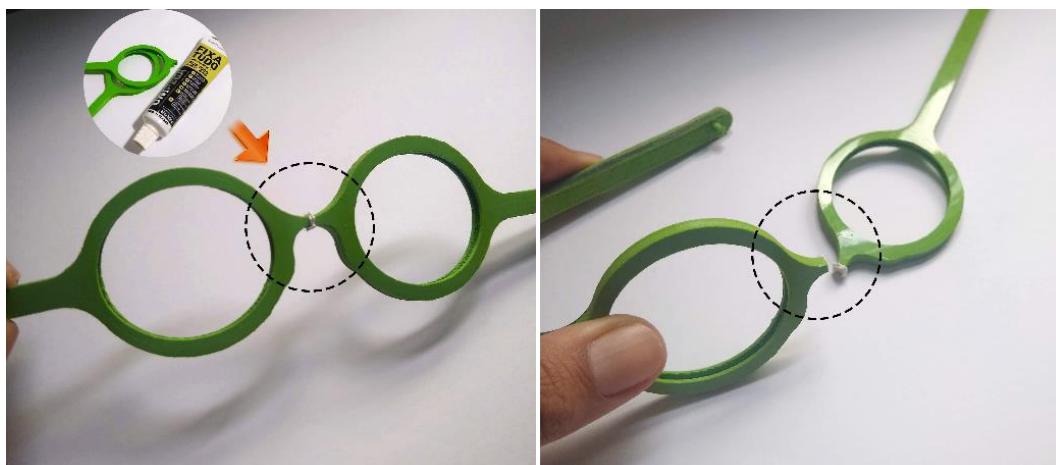


Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Em relação ao preenchimento, foi possível constatar que esse interfere na resistência do material, mas para melhores especificações, torna-se necessário testes mecânicos em cada porcentagem. A quantidade de material empregada em cada modelo está condicionada, diretamente, ao preenchimento e espessura da camada, aonde, pode-se identificar melhor “custo-benefício” nos itens com preenchimento de 100% e espessura 0.1 mm, pois o tempo estimado está na média e o acabamento superficial da peça, satisfaz as necessidades do projeto. Observa-se que o material impresso executa as curvaturas necessárias, (detalhes 02 e 3 da Figura 54) e que não altera na estrutura da peça, além disso, essa ductilidade⁸ do material, permite que o formato da lente seja diversa, podendo ser mais circular ou oval.

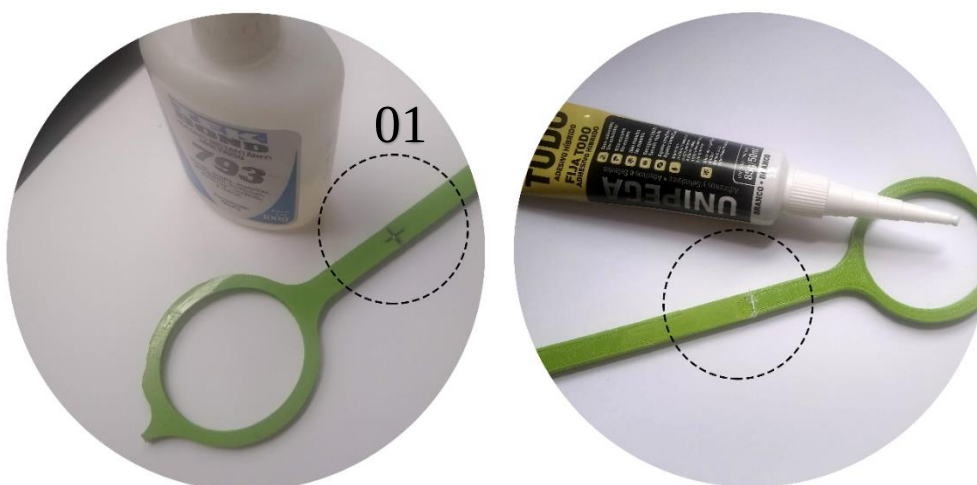
Um ponto crítico do modelo foi área do corte utilizado para a impressão, pois ao fixar as peças utilizando o adesivo instantâneo, não houve a resistência adequada, pois a área de contato entre as partes estava insuficiente, conforme Figura 54.

⁸ Característica que representa o grau de deformação que um material suporta até o momento de sua fratura.

Figura 54 - Fixação e Ruptura da armação

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Então, foi realizado um teste de fixação pela haste, conforme detalhe 01 destaque da Figura 55, e constatou-se um melhor resultado. Salienta-se que foram utilizados dois materiais distintos para fixação, pois houve essa necessidade para determinar qual desses determinaria um melhor acabamento, sem alterar na estrutura e qualidade da peça. O primeiro foi o Adesivo Híbrido da empresa Unipega® com a seguinte característica: Adesivo monocomponente a base de polímero híbrido com silanos modificados, e o Adesivo Instantâneo com a composição em Etil Clianoacrilato com viscosidade entre 80 a 120 CPS da marca Tek Bond®. Desses dois fixadores, observou-se que o segundo tem uma certa vantagem, pois a sua aderência é mais rápida, tempo médio de 20 minutos para finalizar o trabalho, e não interfere nas características da peça.

Figura 55 - Fixação pela haste, tentando dois tipos de fixadores

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Em relação ao planejamento de prototipagem no software de impressão, tornou-se necessário realizar alguns ajustes (Detalhe 01 da Figura 56), pois foi verificado que tendo uma área maior de contato para fixação, os problemas são resolvidos. No detalhe 02 da mesma figura, observa-se que foi determinado uma largura de 11cm do eixo para cada lado, totalizando 22 cm que corresponde a uma área média de impressoras 3D similar a utilizada; e, no detalhe 03 a conferência de medidas.

Figura 56 - Planejando nova orgaização de impressão. 01- Organização correta na base da impressora; 02- Mensuração da determinar posição e corte; 03- Mensurando partes da armação.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Por fim, algumas falhas foram identificadas, e, pensou-se na forma de mitigá-las, a fim de uma melhor organização das informações, compilou-se na Tabela 06, os pontos que devem ser ajustados.

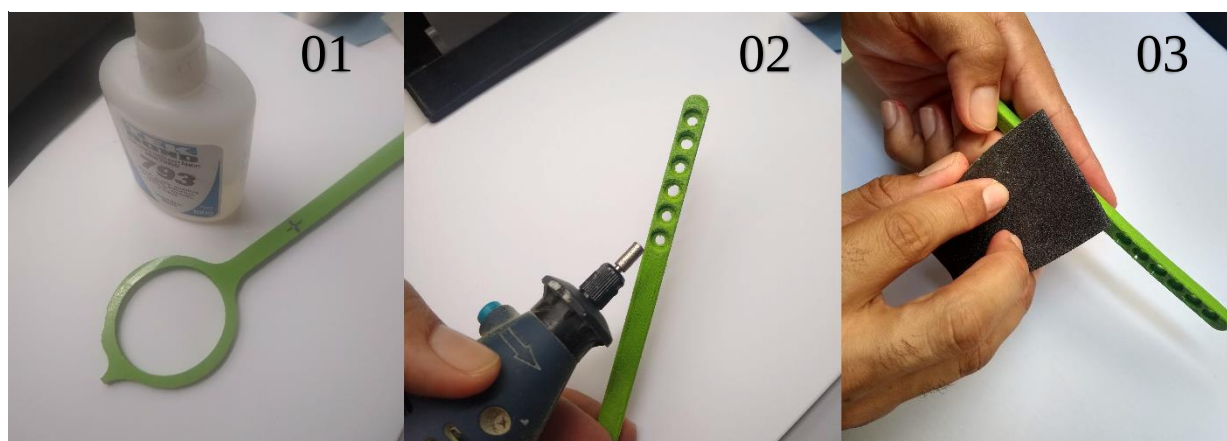
Tabela 6 - Falhas e Mitigações

	FALHA	MITIGAÇÃO
01	Local da secção no planejamento virtual da impressão	Reposicionar para a haste lateal
02	Espessura do Pino que faz a união entre as hastes	Diminuir 1mm e retirar o nível com maior diâmetro
03	Espessura da haste	Diminuir 2.5 mm

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Acabamento: Nesta etapa, o primeiro passo foi unir as partes, utilizando o fixador – adesivo instantâneo com a composição em Etil Clianoacrilato com viscosidade entre 80 a 120 CPS da marca Tek Bond®. Depois, buscou-se estruturar o processo para limpeza e acabamento da peça, para tal utilizamos os seguintes materiais: mini retifica da marca Einhell®; estilete da marca Nove54 com empunhadura emborrachada, corpo de plástico reforçado, botão giratório para travamento das lâminas, largura de lâmina 18mm e guia de lâmina metálico; uma lixa d'água 39F G-100 225x275 Norton; e, materiais para proteção pessoal (luva, óculos, base de trabalho e máscara). O primeiro passo para limpeza foi extrair, com o estilete, todos os elementos construtivos adicionados pelo software de impressão. Além disso, foi possível identificar algumas pequenas adições de filamento ao longo da impressão, algo comum neste processo. Na segunda etapa, retiramos o excesso do material com a retifica e lixa d'água – este emergindo o produto na água fazendo leves movimento rotacionais na peça e aquele passando pela superfície - para diminuir a rugosidade do material, devido ao espaçamento entre os fios. Torna-se necessário informar que a aplicação da massa e pintura da peça, não foram inseridas neste projeto, por causa do contato entre o produto e a criança e os possíveis problemas que esses materiais, por serem de uso restrito, poderiam ocasionar.

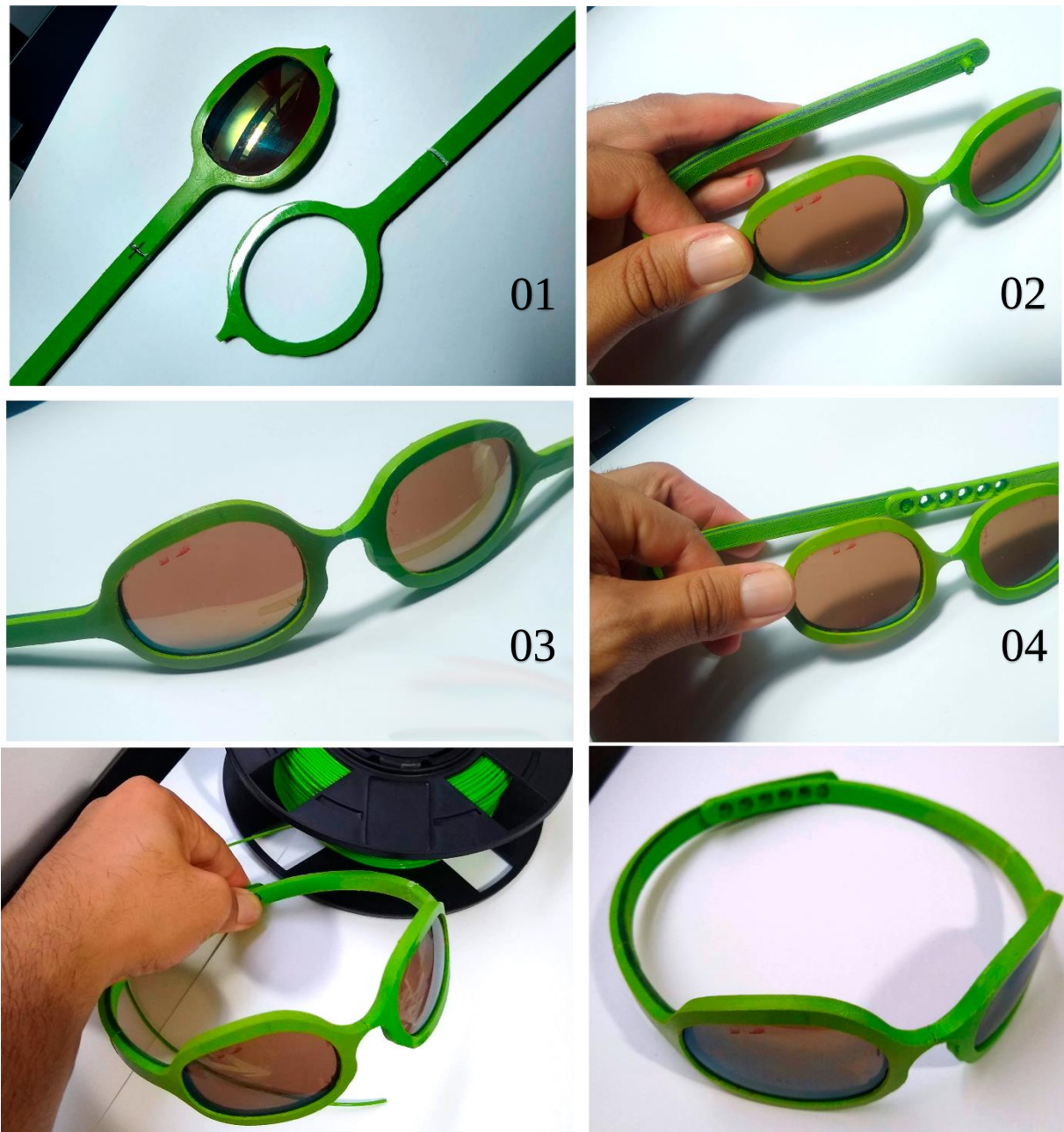
Figura 57 - Pós-processamento. 01- Colando as partes; 02- Ajustando arestas com a retifica; 03- Lixando a peça.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Colocando Lente: Por causa da flexibilidade do material, processo de aplicação da lente foi simples e sem necessidade de ajustes no desenho CAD. Para tal, basta escolher o modelo de lente, da preferência do indivíduo, e posicioná-la na região da subtração e encaixá-la, conforme figura 58.

Figura 58 - Produto final. 01- Aplicando lente à armação; 02- Visualização do produto; 03- Testando flexibilidade; 4- Produto com as hastes encaixadas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste protocolo como recurso acessíveis aos profissionais do SUS, para a criação de um modelo de armação de óculos impresso em 3D, sob preceito *open-source*, permite que haja um melhor entendimento do processo de produtos impressos, além da simplificação na prototipação do produto em questão. Podemos observar, ao longo do trabalho, uma série de produtos inovadores que atendem às demandas da população, contudo, este projeto, permite-se ir além do modelo impresso em 3D, pois compreendemos que os procedimentos aqui adotados, bem como os arquivos elaborados, apoiam a perspectiva de que os sistemas CAD/CAM são acessíveis a qualquer indivíduo que se propor a estudá-los e desenvolvê-los.

Observou-se também o método adotado nesta pesquisa estão em consonância com os identificados na Revisão de Literatura e na Sistemática, contudo há alguns pontos que distingue-os, visto que nesta proposta, houve uma melhor organização hierárquica das etapas, bem como a correta aplicação de diversos softwares, todos de livre acesso, para execução do procedimento. Além disso, houve uma nova abordagem na pré-visualização da interação entre produto/usuário, possibilitando a diminuição de erros nas tomadas de decisões. Também, visualiza-se na pesquisa o detalhamento do passo a passo da construção e, principalmente, da edição dos ajustes dimensionais da armação de óculos, permitindo uma maior liberdade do responsável pelo modelagem, em editá-la conforme a necessidade do usuário.

Outro fator relevante na pesquisa, foi o desenvolvimento de procedimentos para coleta de dados antropométricos e o tutorial para manipulação do software *Makehuman*, pois possibilitará a exata reprodução do procedimento adotado nessas etapas. No que tange a primeira, tornou-se necessário, visto que não foi identificado um protocolo de fácil compreensão e precisão nos detalhes, já o segundo, pode-se identificar alguns tutoriais, contudo existem detalhes que seriam necessário para a criação do humanoide que esses não contemplavam, por isso, tomou-se a decisão de elaborar tal material.

Em relação ao uso dos *softwares* livre, pode-se afirmar que todos os listados neste projeto, estão em consonância com os objetivos, além disso, pôde-se identificar que não há distinções substanciais em relação a outros softwares de uso restrito, pois os comandos necessários para criação do modelos estão presentes em ambos. Os softwares livres têm uma vantagem no que se refere às atualizações, instalações e intercâmbio de dados, dado que, qualquer usuário tem a liberdade de gerar conteúdos e disponibilizá-los. Além disso, a manipulação deste procedimento

de projeto de produto não ficará condicionado a liberação de verbas para a aquisição e atualização dos softwares, possibilitando maior alcance por parte do SUS.

Em relação aos materiais, podemos inferir que o selecionado (TPU) atende às necessidades e características do projeto. Decidiu-se que o material final a ser impresso foi o TPU, visto que o PLA e ABS têm características de impressão que não condizem com o modelo final, pois apresentam rigidez e pouca ductilidade, e a Resina 3D apresenta as características necessárias, contudo o valor dessa tecnologia e do material, resultam em um produto com o quádruplo do valor, quando comprado ao do TPU.

A impressora entrega um produto de boa qualidade superficial e atendeu às expectativas, contudo, o tamanho da base de impressão é um dos problemas e resultou em algumas dificuldades, como visto, foi necessário alterar a organização dos elementos para ter um melhor resultado. Assim, pode-se concluir que este projeto atendeu aos objetivos traçados, agregando para o desenvolvimento da produção de produtos aplicados à saúde por manufatura aditiva, bem como o emprego de softwares CAD. O protocolo para criação da armação do óculos, mostrou-se eficiente e todos os usuários que participaram da validação conseguiram concluir o trabalho, e esses, indicaram algumas melhorias que nos possibilitou ter um documento de mais fácil compreensão. Os resultados estão em consonância com os esperados, mas, identifica-se a necessidade de mais pesquisas nesta perspectiva para consolidar o trabalho, até aqui realizado.

No entanto, alguns pontos da pesquisa carecem de um melhor desenvolvimento. A primeira recomendação, refere-se à necessidade do desenvolvimento de alguns testes de elementos finitos da modelagem CAD, visto que as aplicações dos parâmetros foram realizadas de forma empírica, sem que houvessem análises mais detalhadas. Além disso, identifica-se a necessidade de testes de usabilidade do produto, pois, realizou-se de forma simplificada nesta pesquisa, e propomos que, a posteriori, sejam realizados outros testes com uma maior quantidade de usuários. Além disso, recomenda-se a impressão desses produtos em outros tipos de materiais impressos em 3D, pois tínhamos algumas limitações que impossibilitaram uma maior variedade de modelos impressos.

Recomendamos que haja um estudo detalhado do software *Makehuman*, pois, percebemos que há algumas limitações que poderiam ser resolvidas com uma proposta de melhoramento ou até mesmo no desenvolvimento do software similar, utilizando pontos antropométricos específicos, bem como a aplicação, por meio de digitação numérica, dos dados coletados. Outro ponto a ser recomendado, refere-se ao desenvolvimento de métodos de

desenvolvimento de produtos com tecnologias integradas com aplicação às tecnologias assistivas, especificamente às órteses e próteses. Por fim, sugeriu-se proposição deste protocolo de produção de produto, desenvolvimento pelo sistema CAD/CAM, para crianças com microcefalia considerando os aspectos e normativas dos sistema de saúde brasileiro (SUS), uma vez que, os benefícios são inúmeros e a confecção desses produtos são uma realidade e estão sendo difundidos cada vez mais na saúde, fortalecendo assim, a perspectiva da Saúde 4.0.

Destacamos também que este trabalho gerou alguns documentos que servirão como referência para projetos similares a serem desenvolvidos no futuro, como o Protocolo de Coleta de Dados; Apostila para criação de Humanoide 3D por meio do software MakeHuman; Tutorial de uso do software de impressão tridimensional Ultimaker Cura 3D; além, do próprio protocolo de criação da armação do óculos, esse sendo o objetivo principal da pesquisa. Além disso, iremos submeter os resultados da Revisão Sistemática, sob o título “Design, Saúde e Tecnologia: Uma Revisão Sistemática dos Procedimentos para Desenvolvimento De Órteses Utilizando Impressão 3D” na Revista Design & Tecnologia – classificação no Qualis CAPES A2; os resultados gerais à Revista de Saúde Digital e Tecnologias Educacionais (RESDITE) – classificação no Qualis CAPES B2; entramos com o pedido de registo de Desenho Industrial da armação de óculos no INPI, com o auxílio da Agência de Inovação Tecnológica da UEPB; e, por fim, este projeto me instigou a buscar dois programas de doutorado (UFSC e UFPR), nos quais submeti uma proposta que busca dar continuidade à pesquisa aqui iniciada, ambos sob o tema “sistematização do processo de design para o desenvolvimento de produtos assistivos: com base nos recursos tecnológicos”.



...para se
...altamente
...aerospa
...todo d

...cio-
...a tanto,
...peça final e
...dução final,
...molde-protó-
...as primeiras

...os processos
...as e aperfei-
...elos-mestre
...2.

...i estendida
...pas de ma-
...empresas
...estas estão



REFERÊNCIAS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8196:**Desenho técnico - Emprego de escalas**. Rio de Janeiro, 1999. 2 p

ALBUQUERQUE, Maria de Fatima Pessoa Militão de et al. **Epidemia de microcefalia e vírus Zika: a construção do conhecimento em epidemiologia**. Cadernos de Saúde Pública, [s.l.], v. 34, n. 10, p.1-14, 11 out. 2018. FapUNIFESP (SciELO).
<http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00069018>.

ARAUJO, Marcelo. **Próteses na cultura do período entreguerras: uma investigação sobre as origens do debate filosófico sobre “aprimoramento humano”**. PROMETEUS - Ano 10. Número 23. Maio - agosto/2017 - E-ISSN: 2176-5960.

BANGA, Harish Kumar et al. **Fabrication and stress analysis of ankle foot orthosis with additive manufacturing**. Rapid Prototyping Journal, [s.l.], v. 24, n. 2, p.301-312, 12 mar. 2018. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/rpj-08-2016-0125>

BARONIO, Gabriele; HARRAN, Sami; SIGNORONI, Alberto. **A Critical Analysis of a Hand Orthosis Reverse Engineering and 3D Printing Process**. Applied Bionics And Biomechanics, [s.l.], v. 2016, p.1-7, 2016. Hindawi Limited.
<http://dx.doi.org/10.1155/2016/8347478>

BARONIO, Gabriele; VOLONGHI, Paola; SIGNORONI, Alberto. **Concept and Design of a 3D Printed Support to Assist Hand Scanning for the Realization of Customized Orthosis**. Applied Bionics And Biomechanics, [s.l.], v. 2017, p.1-8, 2017. Hindawi Limited.
<http://dx.doi.org/10.1155/2017/8171520>

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 3ª ed. São Paulo: Blucher, 2011.

BERNIER, S. N; LUYT, B.; REINHART. **MAKE: Design for 3d printing**. 1. ed. San Francisco: Maker Media, 2015. v. 1. 148p.

BERSCH, Rita de Cássia Reckziegel. **Design de um Serviço em Tecnologia Assistiva em Escola Pública**. 2009. 231 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

BRAGA, L. M. **Manufatura aditiva: uma análise de aplicações atuais**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Pontífica Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BRASIL. **Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência**. B823 t. Comitê de Ajudas Técnicas Tecnologia Assistiva. – Brasília: CORDE, 2009. 138 p. (CAT, 2009)

BRASIL. **Comitê de Ajudas Técnicas**. 138 f. Tecnologia Assistiva - Brasília: CORDE, Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. 2009.

BRITO, C. **Zika vírus: a new chapter in the history of medicine**. Acta Med Port 2016; 28:679-80.

CANCIGLIERI, Junior. Et al. **Método de decisão dos processos de prototipagem rápida na concepção de novos produtos**. Gestão & Produção (UFSCAR. IMPRESSO), v. 22, p. 345-355, 2015.

CHA, Yong Ho et al. **Ankle-Foot Orthosis Made by 3D Printing Technique and Automated Design Software**. Applied Bionics And Biomechanics, [s.l.], v. 2017, p.1-6, 2017. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2017/9610468>

CHAVES, Iana Garófalo. **Estudo, Análise e Proposta de diretrizes a serem consideradas no projeto do produto óculos para o público infantil**. 2014. 275 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Cap. 5.

CHEN, Roland K. et al. **Additive manufacturing of custom orthoses and prostheses - A review**. Additive Manufacturing, [s.l.], v. 12, p.77-89, out. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.addma.2016.04.002>

CHIMENTO, Jairo; HIGHSMITH, M. Jason; CRANE, Nathan. **3D printed tooling for thermoforming of medical devices**. Rapid Prototyping Journal, [s.l.], v. 17, n. 5, p.387-392, 2 ago. 2011. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/13552541111156513>

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Gestão Industrial, Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

COSTA, Mario Cesar Furtado. **Elaboração De Protocolo Para Edição De Imagens Utilizadas Na Manufatura Aditiva Em Cirurgia E Traumatologia Bucomaxilofacial.**

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Saúde) - Núcleo De Tecnologias Estratégicas Em Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba. Apud COSTA, Lucas Rodrigues et al. Uso de software livre para disseminação e análise de dados abertos governamentais. 2017.

DOMBROSKI, Colin e; BALSDON, Megan Er; FROATS, Adam. **The use of a low cost 3D scanning and printing tool in the manufacture of custom-made foot orthoses: a preliminary study.** BMC Research Notes, [s.l.], v. 7, n. 1, p.1-4, 10 jul. 2014. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1186/1756-0500-7-443>

ESCOLA BRASILEIRA DE GAMES (Org.). Pesquisa Geek Power:: hábitos e comportamentos do consumidor de cultura pop no Brasil. 2018. Disponível em <<http://escolabrasileiradegames.com.br/blog/pesquisa-mapeia-habitos-e-comportamentos-do-consumidor-de-cultura-pop-no-brasil>>. Acesso em: 01 jul. 2019.

FAGGIATTO, Jorge. **O uso da prototipagem rápida na área médico odontológica.** Revista Tecnologia e Humanismo. Curitiba. UFPR, v. 20, n. 30. 2006.

FAGGIATTO, Jorge; RUI, Neto. **A Prototipagem Rápida na Indústria Nacional**, 2º Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Mecânica da Ordem dos Engenheiros, Coimbra, 15-16 de dezembro de 2000.

FANTINI, M et al. **Design and Rapid Manufacturing of a customized foot orthosis: a first methodological study.** Lecture Notes In Mechanical Engineering, [s.l.], p.457-467, 3 set. 2016. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-45781-9_46

FERNANDEZ-VICENTE, Miguel; CHUST, Ana Escario; CONEJERO, Andres. **Low cost digital fabrication approach for thumb orthoses.** Rapid Prototyping Journal, [s.l.], v. 23, n. 6, p.1020-1031, 17 out. 2017. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/rpj-12-2015-0187>

FREITAS, Bruno de Paula et al . **Ocular Findings in Infants With Microcephaly Associated With Presumed Zika Virus Congenital Infection in Salvador, Brazil.** JAMA OPHTHALMOL, v. online, p. online first, 2016.

FIGUEIREDO, A. C. et al. **As práticas de sistemas CAD e sua contribuição: um survey na indústria metal-mecânica mineira.** Apud REHG, J. A.; KRAEBBER, H. W. Computer-integrated manufacturing. New Jersey: Prentice Hall, 2005. 574 p.

- GARCÍA, Jesus Carlos Delgado; GALVÃO FILHO, Teofilo Alves. **PESQUISA NACIONAL DE TECNOLOGIA ASSISTIVA**. São Paulo: Its Brasil, 2012. 64 p.
- GALVÃO FILHO, T. A. **A Tecnologia Assistiva: de que se trata?** In: MACHADO, G. J. C.; SOBRAL, M. N. (Orgs.). *Conexões: educação, comunicação, inclusão e interculturalidade*. 1 ed. Porto Alegre: Redes Editora, p. 207-235, 2009.
- GRILLO, Felipe Wilker et al. **Patient-specific neurosurgical phantom: assessment of visual quality, accuracy, and scaling effects**. *3D Printing in Medicine*, v. 4, p. 3, 2018.
- HANZLIK, Emily; GIGANTE, Joseph. **Microcephaly. Children**, [s.l.], v. 4, n. 6, p.47-54, 9 jun. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/children4060047>.
- JERONIMO, Lucas Ribeiro; MEDEIROS, Wellington Gomes de. **Significados e representações em produtos utilitários geek**. *Projética, Londrina*, v. 10, n. 1, p.133-152, jun. 2019.
- JORGE, Priscila et al. **Características clínicas e oftalmológicas de indivíduos com necessidades especiais institucionalizados no estado de Pernambuco, Brasil**. *Revista Brasileira de Oftalmologia (Impresso)*, v. 70, p. 88-92, 2011.
- JORNAL DO COMÉRCIO. **Bebês afetados pelo zika vírus melhoraram visão após uso de óculos, diz pesquisa**. Disponível em <<http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/cidades/saude/noticia/2017/12/14/bebes-afetados-pelo-zika-virus-melhoraram-visao-apos-uso-de-oculos-diz-pesquisa-319989.php>> Acesso em: 17 abril. 2018.
- JULIÁN, Fernando; ALBARRACÍN, Jesús. **Desenho para Designers Industriais**. Barcelona: Estampa, 2005. 192 p.
- LACKO, Daniel. et al. **Evaluation of an anthropometric shape model of the human scalp**. *Applied Ergonomics*. V. 48, Maio 2015, P. 70-85.
- LI, Zongan et al. **Processing and 3D printing of Gradient Heterogeneous Bio-Model Based on Computer Tomography Images**. *IEEE Access*, [s.l.], v. 4, p.8814-8822, 2016. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/access.2016.2635661>
- KIM, Huhn; JEONG, Seongwon. **Case study: Hybrid model for the customized wrist orthosis using 3D printing**. *Journal Of Mechanical Science And Technology*, [s.l.], v. 29, n. 12, p.5151-5156, dez. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s12206-015-1115-9>

KON, Fabio; SABINO, Vanessa. **Licenças de Software Livre História e Características* Relatório Técnico RT-MAC-IME-USP 2009-01**. Centro de Competência em Software Livre Departamento de Ciência da Computação Instituto de Matemática e Estatística Universidade de São Paulo Março de 2009.

KUDELSKI, Rafal et al. **Using reverse engineering and rapid prototyping for patient specific orthoses**. 2017 Xiiiith International Conference On Perspective Technologies And Methods In Mems Design (memstech), [s.l.], p.88-90, 23 abr. 2017. IEEE.

<http://dx.doi.org/10.1109/memstech.2017.7937540>

KUMAR, L. J. et al. **3D Printing and Additive Manufacturing Technologies**. 1 ed. Singapura: Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2019. p. 311.

KUNKEL, Maria Elizete. **Mao3D Programa Social e Colaborativo da Unifesp**. 2016. Disponível em: <<https://mao3d.wordpress.com/2016/07/27/mao3d-programa-social-e-colaborativo-da-unifesp/>>. Acesso em: 08 jul. 2019.

MACHADO, Gustavo Silveira. **Órteses e Próteses no sistema único de saúde**. Estudo Técnico, Abril de 2018.

MANZINI, E. J. 2005. **Tecnologia assistiva para educação: recursos pedagógicos adaptados**. In: Ensaio pedagógico: construindo escolas inclusivas. Brasília: SEESP/MEC, p. 82-86.

MARINHO, Fatima et al . **Microcefalia no Brasil: prevalência e caracterização dos casos a partir do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (Sinasc)**, 2000-2015. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília , v. 25, n. 4, p. 701-712, dez. 2016.

MARRONE, Patrícia Vêras. **Saúde 4.0: PROPOSTAS PARA IMPULSIONAR O CICLO DAS INOVAÇÕES EM DISPOSITIVOS MÉDICOS (DMAs) NO BRASIL**. São Paulo: Centro Gráfica, 2015.

MATOS, Patrícia. **O nerd virou cool: identidade, consumo midiático e capital simbólico em uma cultura juvenil em ascensão**. In: XVI CONGRESSO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO NA REGIÃO SUDESTE, 3., 2011, São Paulo. Anais.

MEDEIROS, Larissa de Oliveira. **OMELETE E JOVEM NERD: O jornalismo dos portais de notícia dedicados à cultura geek**. 2016. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Jornalismo,

Comunicação Social, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
Cap. 01. Disponível em: <<https://portal.comunique-se.com.br/wp->

MELO, Adriana Suely de Oliveira et al. **Congenital Zika Virus Infection**. *Jama Neurology*, [s.l.], v. 73, n. 12, p.1407-1417, 1 dez. 2016. American Medical Association (AMA).
<http://dx.doi.org/10.1001/jamaneurol.2016.3720.content/uploads/2017/06/Jornalismo-Geek.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2019.

MELO, A. S. O. Et al. **Zika vírus intrauterine infection causes fetal brain abnormality and microcephaly: tip of the iceberg?** *ULTRASOUND IN OBSTETRICS & GYNECOLOGY*, v. 47, p. 6-7, 2016.

MLAKAR J. J. et al. **Zika virus associated with microcephaly**. *The New England Journal of Medicine* 2016; 374:951-8.

MORAES, Cícero; MIAMOTO, Paulo. **Manual de Reconstrução Facial 3D Digital: Aplicações com Código Aberto e Software Livre** - 1. ed. - Sinop-MT: EXPRESSÃO GRÁFICA, 2015.

MS – Ministério da Saúde. **Técnico em Órteses e Próteses: Livro de Texto**. Brasília (DF); 2014. apud (EDELSTEIN,2006; NORTON, 2007; SELLEGREN, 1982).

MUCCIOLI, C. **O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e as publicações científicas**. *Arq Bras Oftalmol*. 2004; 67: p. 195-6.

NORTON, K. M. **A Brief History of Prosthetics**. *In Motion*, v. 17, n.7, 2007. Disponível em: <<https://www.amputee-coalition.org/resources/a-brief-history-of-prosthetics/>>, Acesso em: 28/03/2019.

OLIVEIRA, Marcelo Fernandes de. **Aplicações da prototipagem rápida em projetos de pesquisa**. 2008. 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP.

OLIVEIRA MELO, A. S. **Zika vírus: além da Microcefalia**. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-temporarias/externas/55a-legislatura/acompanhamento-das-acoes-sobre-o-zika-virus/documentos/audiencias-publicas/adriana-melo-presidente-do-instituto-paraibano-de-pesquisa-professor-joaquim-amorim-net>>. Acesso em: 08 fev. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Microcefalia**. Disponível em
<<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/microcephaly/pt/>> Acesso em: 08 mar. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE/ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICA DA SAÚDE.
Um ano após notificação do surto de microcefalia no Brasil, OPAS/OMS segue apoiando país em investigações e resposta. Disponível em
<http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5276:um-ano-apos-notificacao-do-surto-de-microcefalia-no-brasil-opas-oms-segue-apoiando-pais-em-investigacoes-e-resposta&Itemid=812> Acesso em: 17 jan. 2018.

PEDROSA, Israel. **Da cor à cor inexistente**. 10. ed. Rio de Janeiro: Senac Editora, 2009. 256 p.

PÉREZ, Alicia. **Tutorial Onshape**. 2016. Material Didático. Disponível em:
<https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrpontevedra/aulavirtual2/pluginfile.php/17184/mod_resource/content/1/Onshape.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2019.

PORTAL FOLHA PE. **Bebês com microcefalia recebem óculos especiais gratuitamente no Recife**. Disponível em:
<<https://www.folhape.com.br/noticias/noticias/cotidiano/2016/11/03/NWS,4852,70,449,NOTICIAS,2190-BEBES-COM-MICROCEFALIA-RECEBEMOCULOS-ESPECIAIS-GRATUITAMENTE-RECIFE.aspx>> Acesso em: 09 abril. 2018.

PORTNOVA, Alexandra A. et al. **Design of a 3D-printed, open-source wrist-driven orthosis for individuals with spinal cord injury**. Plos One, [s.l.], v. 13, n. 2, p.1-18, 22 fev. 2018. Public Library of Science (PLoS).

PRESTES, Rafael Cavalli. **Tecnologias Assistivas: Atributos do Design de Produto para adequação postural personalizada para posição sentada**. 2011. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Design e Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

PULLIN, Graham. **Design Meets Disability**. Cambridge, MA: MIT Press, 2011.

REDWOOD, Ben; SCHFFER, Filemon; GARRET, Brian. **The 3D Printing Handbook: Technologies, design and applications**. Amsterdam: 3d Hubs, 2017. 304 p.

REIMER, Samuel M. F.; LUETH, Tim C.; D'ANGELO, Lorenzo T. **Individualized arm shells towards an ergonomic design of exoskeleton robots**. 2014 Ieee International Conference On

Systems, Man, And Cybernetics (smc), [s.l.], p.3958-3965, out. 2014. IEEE.

<http://dx.doi.org/10.1109/smc.2014.6974550>

REHG, J. A.; KRAEBBER, H. W. Computer-integrated manufacturing. New Jersey: Prentice Hall, 574 p. 2005 *apud* FIGUEIREDO, André César and ROMEIRO FILHO, Eduardo. As práticas de sistemas CAD e sua contribuição: um survey na indústria metal-mecânica mineira. Prod. [online]. 2011, vol.21, n.2, pp.344-354.

SANTANA, L.; ALVES, J. L.; SABINO NETTO, A. C.; MERLINI, C. **Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica.** Revista Matéria. Rio de Janeiro, v. 23, p. e-12267, 2018.

SILVA, Jorge Vicente Lopes; MUNHOZ, André Luiz Jardini. **Aplicação da AM na área da saúde.** In: VOLPATO, Neri. Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressora 3D. São Paulo: Blucher, 2017. 400. P. 345-374.

SAHARAN, Lokesh et al. **Design of a 3D printed lightweight orthotic device based on twisted and coiled polymer muscle: iGrab hand orthosis.** Active And Passive Smart Structures And Integrated Systems 2017, [s.l.], v. 10164, p.1-00, 11 abr. 2017. SPIE.
<http://dx.doi.org/10.1117/12.2260266>

SOUZA, Adriano Fagali de; COELHO, Reginaldo Teixeira. **Tecnologia CAD/CAM: Definições e estado da arte visando auxiliar sua implantação em um ambiente fabril.** In: ENCONTRO NAC. DE ENG. DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. Anais. Ouro Preto: Enegep, 2003. v. 1, p. 1 - 8. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2003_TR0504_0920.pdf>. Acesso em: 23 set. 2019.

SOUZA, M.A. *et al.* **Integrating 3-D reconstruction of tomographic images and rapid prototyping for fabrication of medical models.** Bras. J. Bio. Eng., [s.l.], v.19:103–115, 2003.

STEPHAN, Auresnede Pires. **10 Cases do Design Brasileiro.** Volume 1. 1. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2008. v. 1. 176p.

TAUSAÚDE. **Entenda o que é Microcefalia e quais são as consequências para o bebê.** Disponível em < <https://www.tuasaude.com/microcefalia/>> Acesso em: 18 jan. 2018.

VENTURA, Camila et al. **Ophthalmological findings in infants with microcephaly and presumable intra-uterus Zika virus infection.** Arq. Bras. Oftalmol., São Paulo, v. 79, n. 1, p. 1-3, Feb. 2016 . Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000427492016000100002&lng=en&nrm=iso>. Access on 17 Jan. 2018.

VENTURA, Camila et al. **Optical Coherence Tomography of Retinal Lesions in Infants With Congenital Zika Syndrome**. JAMA Ophthalmology, v. 10, p. E1-E8, 2016.

VENTURA, Camila; MAIA, Mauricio; DIAS, Natalia; VENTURA, Liana; BELFORT, Rubens. **Zika: neurological and ocular findings in infant without microcephaly**. Lancet (British edition), v. 7, p. 2502-2502, 2016.

VENTURA, Camila; MAIA, Mauricio; DIAS, Natalia; VENTURA, Liana; BELFORT, Rubens. **Infants with congenital zika Syndrome and ocular findings from são paulo, brazil: spread of infection**. Retinal Cases and Brief Reports. Doi: 10.1097/ICB.0000000000000518.

VIANNA, Maurício et al. **Design Hiking: Inovação em negócios**. 5. ed. Rio de Janeiro: Mg Tecnologia, 2012. 162 p.

VOLPATO, Neri. **Prototipagem Rápida - Tecnologias e Aplicações**. 1. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2007. v. 1. 244p.

VOLPATO, Neri. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2017. v. 1. 400p.

VOLPATO, Neri; VICENTE, Jonas de Carvalho. **Introdução à manufatura aditiva ou impressão 3D**. In: VOLPATO, Neri. Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressora 3D. São Paulo: Blucher, 2017. 400. P. 15-30.

WEIGERT, Mateus Colares. **Método de desenvolvimento de órtese personalizada de baixo custo para a manufatura aditiva**. Dissertação, Curitiba, 2017 apud PHILLIPS, B.; ZHAO, H. Predictors of Assistive Technology Abandonment. Assistive Technology, v. 5, n. 1, p. 36-45, 1993.

WEIGERT, Mateus Collares. **Método de desenvolvimento de órtese personalizada de baixo custo para a manufatura aditiva**. Dissertação, Curitiba, 2017 apud FESS, E. E. A History of Splinting: To Understand the Present, View the Past. Journal of Hand Therapy, v. 15, n. 2, p. 97-132, 2002.

APÊNDICE A - TCLE

Figura 59 - Primeira página do TCLE

Página 1 de 3

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Prezado (a) Senhor (a) JAILMA,

Esta pesquisa é sobre **PROTOCOLO PARA CONFEÇÃO DA ARMAÇÃO DE ÓCULOS DE GRAU IMPRESSA EM 3D PARA CRIANÇAS COM MICROCEFALIA** e está sendo desenvolvida pelo pesquisador **DIOGO PONTES COSTA** aluno do Curso do PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIENCIA E TECNOLOGIA EM SAÚDE – PPGCTS, do Mestrado Profissional do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde (NUTES), na linha de pesquisa: Uso de órteses e próteses impressas tridimensionalmente, da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, sob a orientação da Prof(a) Dra. Nadja Maria da Silva Oliveira.

Sua participação é participação é voluntária e você poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento, sem que lhe traga nenhum prejuízo ou penalidade. Este estudo tem por objetivos geral Desenvolver um protocolo (procedimento) para o desenvolvimento customizado de armação de óculos para crianças com microcefalia, através do Sistema CAD/CAM. Além disso, têm-se os seguintes objetivo específicos:

- ✓ Elaborar um protocolo com as ferramentas capazes de obter um protótipo CAD, que seja passível de adaptações e possibilite a impressão 3D;
- ✓ Desenvolver o Modelo CAD da proposta final da armação de óculos e disponibilizá-lo por meio de plataformas open-source - Código Aberto;
- ✓ Prototipar o Modelo CAM da proposta final da armação de óculos e catalogar os parâmetros utilizados;
- ✓ Utilizar Equipamentos e Softwares de Código Aberto.

A finalidade deste trabalho é contribuir para o avanço em ciência e tecnologias em Saúde. Espera-se oferecer à comunidade um novo produto para contribuir na minimização dos problemas físicos decorrentes do Zika Vírus, aos pacientes com microcefalia. Além

Jailma Lima Pereira

DIOGO COSTA
PROJETISTA
diogopontes02@gmail.com

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Figura 60 - Segunda página do TCLE

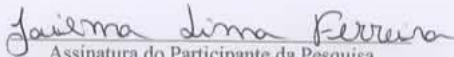
Página 2 de 3

disso, esse projeto tem a finalidade de apontar para uma solução customizada - personalizada de dispositivo corretivo ocular para saúde, bem como grupos possuidores de impressoras 3d, um protocolo com as informações necessárias para a impressão da armação de óculos, bem como os passos que foram realizados para chegar ao produto final. Isso sendo possível, por meio da tecnologia do sistema CAD/CAM que possibilita realizar os ajustes necessários a cada modelo, adaptando aos casos particulares, além de acelerar o processo de prototipagem do produto e diminuir os custos do produto final.

Solicitamos a sua colaboração para Coletas de dados antropométricos e teste da armação impressa em 3D, além de uma entrevista com vistas a compreender a interação entre usuário/produto, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de saúde e publicar em revista científica (*se for o caso*). Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo. Informamos que essa pesquisa não oferece riscos, previsíveis, para a sua saúde.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador(a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano, nem haverá modificação na assistência que vem recebendo na Instituição (*se for o caso*). Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido(a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.


Assinatura do Participante da Pesquisa
ou Responsável Legal

DIOGO COSTA
PROJETISTA
diogopontes102@gmail.com

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Figura 61 - Terceira página do TCLE

Página 3 de 3

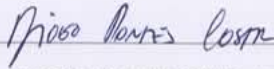
Contato do Pesquisador (a) Responsável:

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para o pesquisador DIOGO PONTES COSTA, através do Telefone Pessoal: (83)988338696 (Também disponível pelo aplicativo WhatsApp®).

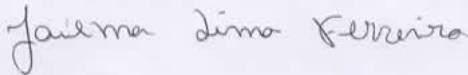
Endereço (setor de Trabalho): Universidade Federal da Paraíba (UFPB), no Departamento de Design, situado à Rua Av. Santa Elisabete, 160, Rio Tinto - PB, 58297-000. Telefone: (83)32914500.

LABTEC 3D do NUTES, situado à Rua Domitília Cabral de Castro, 10. Bairro Universitário, Campina Grande – PB.

Atenciosamente,


DIOGO PONTES COSTA (Pesquisador)

Obs: O sujeito da pesquisa ou seu representante e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas do TCLE apondo suas assinaturas na última página do referido Termo.



DIOGO COSTA
PROJETISTA
diogopontes102@gmail.com

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

APÊNDICE B – REVISÃO SISTEMÁTICA INTEGRATIVA

A Revisão Sistemática e Integrativa (RSI) foi adotada como procedimento de pesquisa, pois com esse levantamento de dados foi possível identificar os projetos que foram desenvolvidos e as possíveis oportunidades de novas pesquisas.

4.1 OBJETIVOS E QUESTÕES DA REVISÃO

O principal objetivo da presente revisão sistemática e integrativa foi analisar os projetos de órteses, visto que os óculos se enquadram neste contexto, desenvolvidas através da impressão tridimensional com auxílio do sistema CAD/CAM, bem como os materiais empregados. Com propósito de identificar os procedimentos adotados nos projetos e caracterizar os materiais empregados nas impressões.

- **Questão Principal:**

Quais são os métodos e as técnicas de projetos utilizados no desenvolvimento de dispositivos, utilizando a manufatura aditiva como parte do processo?

- **Questões Secundárias:**

I. Quais os métodos de produtos identificados?

II. Os procedimentos metodológicos são eficazes? Como?

III. É possível elaborar um protocolo para óculos destinados a pacientes com microcefalia com uso de software livres?

IV. Quais os softwares utilizados para os CAD/CAM?

V. Os softwares são de livre acesso?

VI. Quais os principais equipamentos utilizados para a impressão?

VII. Quais os materiais empregados na impressão 3D?

VIII. Os materiais são de fácil acesso e baixo custo?

Intervenção: Métodos e técnicas no desenvolvimento dos produtos;

Controle: Artigos encontrados na análise exploratória. Seguem algumas das publicações que serviram de base para a análise revisão inicial no Quadro 05;

População: Artigos que apresentem os métodos e técnicas utilizadas para o desenvolvimento dos projetos de órteses e que apresentem a manufatura aditiva como parte do processo, além de especificar os softwares utilizados no sistema CAD/CAM;

Resultados: Visão aprofundada dos protocolos de desenvolvimento dos projetos de órteses;

Aplicações: Pesquisadores na área de desenvolvimento de projetos na categoria de órteses e profissionais de saúde que busquem compreender os procedimentos que devam ser adotados nos projetos, buscando a interdisciplinaridade das áreas, com objetivo de minimizar procedimentos desnecessários, resultando assim na economia de tempo para solucionar o problema levantado.

Quadro 5 - Lista de alguns trabalhos encontrados.

TÍTULO	AUTOR (ES)	ANO
Microcefalia no Brasil: prevalência e caracterização dos casos a partir do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos.	MARINHO, Fatima et al.	2016
Ophthalmological findings in infants with microcephaly and presumable intra-uterus Zika virus infection.	VENTURA, Camila et al.	2016
Zika: neurological and ocular findings in infant without microcephaly.	VENTURA, Camila; et al.	2016
Infants with congenital zika syndrome and ocular findings from são paulo, brazil: spread of infection.	VENTURA, Camila; et al..	2017
A Prototipagem Rápida na Indústria Nacional.	FAGGIATTO, Jorge; RUI, Neto.	2000
O uso da prototipagem rápida na área médico-odontológica.	FAGGIATTO, Jorge.	2006
Zika virus: além da Microcefalia.	OLIVEIRA MELO, Adriana.	2018.
Zika virus intrauterine infection causes fetal brain abnormality and microcephaly: tip of the iceberg?	OLIVEIRA MELO, Adriana et al.	
Microcefalia.	Organização Mundial Da Saúde.	2016
Entenda o que é Microcefalia e quais são as consequências para o bebê.	BELTRAME, Beatriz	2016
Bebês com microcefalia começam a usar óculos de grau.	Jornal Do Comércio.	2016

Bebês afetados pelo zika vírus melhoraram visão após uso de óculos, diz pesquisa.	Jornal Do Comércio.	2017
Características clínicas e oftalmológicas de indivíduos com necessidades especiais institucionalizados no estado de Pernambuco, Brasil.	JORGE, Priscila et al.	2011
Optical Coherence Tomography of Retinal Lesions in Infants With Congenital Zika S.	VENTURA, Camila et al	2016

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

4.2 ESCOPO DA PESQUISA

Os tipos de mecanismos utilizados na presente pesquisa foram os de caráter digital, ou seja, bibliotecas digitais, devido ao grande número de publicações anuais que são expostas de forma constante e também por ter fácil acesso para pesquisa. Para isso, torna-se necessário adotar alguns critérios para seleção das fontes, bem como as restrições e os idiomas da bucas.

4.2.1 CRITÉRIOS ADOTADOS PARA SELEÇÃO DE FONTES

- Trabalhos publicados no período correspondente entre o primeiro dia de Janeiro de 2016 ao trigéssimo de Maio de 2018;
- Publicações na língua inglesa;
- Trabalhos que compreendam a expressão Protocolo como Métodos ou Técnicas e façam aplicação a qualquer tipo de órtese;
- Trabalhos que abordem da expressão Manufatura Aditiva como Impressão Tridimensional;
- Tipo de publicação: Artigos ou Capítulo de livro digital.

4.2.2 RESTRIÇÕES

- Limite do calendário referente ao período da pesquisa, pois ocorreu durante o meses de Junho e Julho de 2018.
- Trabalhos publicados como artigos curtos, pôsteres ou trabalhos de conclusão de curso.
- Pesquisas que estão fora do idioma selecionado para a RS;
- Procedimentos invasivos não serão utilizados.

4.2.3 IDIOMAS DE BUSCA

O principal idioma de busca da presente pesquisa será a língua inglesa (EUA), onde se buscou compreender os sinônimos e termos semelhantes que estão nos descritores do DeCS® - Descritores em Ciências da Saúde.

4.3 MÉTODOS DE BUSCA DE PUBLICAÇÕES

Buscou-se em meios eletrônicos termos que estivessem em consonância com o objetivo do estudo, então foram extraídas algumas palavras chaves, como o Sistema CAD/CAM, a Impressão Tridimensional, o Design Assistivo e Projetos de Órteses. Contudo quando compilado, o grupo de busca correspondente a esses conceitos, o retorno de registros das plataformas de busca foi praticamente zero.

Então, outras variações foram utilizadas utilizando os descritores (DeCS), essa por sua vez tendo o conceito do que se buscou inicialmente, embutidas no seu significado. Com isso, surgiram algumas expressões de buscas chaves, sendo o Design, Impressão 3D e Órteses. Então, a String de busca, antes da calibração, ficou ((Design) AND (“3D Printing”) AND (Orthosis)), e, por conseguinte a String geral sofreu as devidas modificações para que um maior número de pesquisas fosse identificado.

4.3.1 EXPRESSÃO GERAL DE BUSCA

String geral de busca: ((*“Computer Assisted Design” OR “Computer Assisted Manufacturing” OR Design*) AND (*“Printing, Three-Dimensional” OR “3-D Printing” OR “3D Printing”*) AND (*“Orthotic Devices” OR Orthose OR Parapodiums OR Orthoses OR Orthosis*)).

5.4 PROCEDIMENTOS DE SELEÇÃO E CRITÉRIOS

A seleção das publicações para análise da revisão sistemática foi composta por alguns procedimentos protocolares com aplicações conforme às necessidades específicas da pesquisa em foco. Onde, se iniciou com a identificação dos objetivos e compreensão geral da pesquisa, com isso algumas palavras chaves foram extraídas e analisadas por meio da expressão de busca nas cinco máquinas de buscas selecionadas. Esse primeiro momento consistiu em uma extração direta das expressões do escopo da pesquisa, a partir do momento em que foi observada a insuficiência desses termos, tem-se o refinamento buscando compreender o significado de cada

expressão e aplicando no DeCS, para que os descritores (strings) sejam corretos, bem como seus similares indicados.

A partir dessa complicação, formaram-se alguns grupos de buscas e esses foram aplicados nas cinco máquinas de buscas (*Engineering Village, IEEEExplore, Scopus, Science Direct e PubMed*), onde os critérios para seleção das fontes e restrições foram inicialmente observadas e as demais publicações selecionadas submetidas aos momentos de filtros, com objetivo de incluir e excluir as pesquisas, conforme os critérios anteriormente estabelecidos. É imprescindíveis informar que todas as publicações em que os pesquisadores não chegaram a um consenso de exclusão, permaneceram como selecionadas, pois assim evita que uma pesquisa seja excluída prematuramente.

5.4.1 PROCEDIMENTO DE SELEÇÃO

A seleção dos estudos ocorreu em quatro etapas: seleção e catalogação preliminar das publicações; seleção das publicações relevantes; seleção das publicações a partir de critérios de qualidade; seleção dos dados relevantes.

Seleção e catalogação preliminar das publicações - A seleção preliminar das publicações foi realizada a partir da aplicação da expressão de busca às fontes selecionadas. Para organização da RS, utilizou-se a ferramenta, de acesso livre StArt® (State of the Art through Systematic Review, desenvolvida no LaPES (Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software) da UFSCAR (Universidade Federal de São Carlos), encontrando-se disponível em <http://lapes.dc.ufscar.br/ferramentas/start-tool>.

Para a execução da plataforma foi necessário realizar atualização no JAVA da versão 8 Update 171, disponível em https://www.java.com/pt_BR/download/. Essa ferramenta contempla as três etapas da RSI: planejamento, execução e sumarização; englobando os processos de filtragem, extração de conteúdo das publicações e algumas análises quantitativas.

O Primeiro Filtro - 1ºF - consiste na **seleção das publicações relevantes**, formando Critérios de Inclusão (CI) e Critérios de Exclusão (CE), observou-se então o seguinte:

INCLUSÃO 1º FILTRO:

- CI1F-01: Podem ser selecionadas as publicações em que a expressão Design não estava no título e nas palavras-chaves;

- CI1F-02: Podem ser selecionadas as publicações que apresentam análise dos projetos;
- CI1F-03: Podem ser selecionadas publicações em que o termo Manufatura Aditiva esteja substituindo a expressão Impressão 3D;
- CI1F-04: Serão aceitas as publicações em que as variações das expressões de buscas estejam em concordância com os similares indicados no DeCS;
- CI1F-05: Podem ser selecionadas publicações em que falte alguma expressão de busca no título, subtítulo ou resumo;
- CI1F-06: Podem ser selecionadas as pesquisas dos protocolos de projetos de órteses;
- CI1F-07: Investiga e avalia os materiais utilizados na manufatura aditiva.

EXCLUSÃO 1º FILTRO:

- CE1F-01: Não apresenta nenhum procedimento utilizado;
- CE1F-02: Não utiliza nenhuma Órteses como produto resultante do projeto;
- CE1F-03: Não faz utiliza a Manufatura aditiva (Impressão 3D);
- CE1F-04: Não faz nenhum tipo de análise do procedimento;

O Segundo Filtro - 2ºF - ocorreu tomando como base alguns critérios abordados pelos 1ºF e elecando novos pontos importante, contudo nesta etapa o processo foi mais detalhado com a leitura completa da lista dos artigos que passaram pelos critérios de inclusão do primeiro filtro. Posteriormente, eliminou-se os trabalhos que não corresponderam aos critérios e fomos para a seleção dos dados relevantes.

INCLUSÃO 2º FILTRO:

- CI1F-01: Podem ser selecionadas as publicações que definem os materiais utilizados na impressão 3D;
- CI1F-02: Podem ser selecionadas as publicações que apresente um procedimento metodológico para o desenvolvimento do projeto;
- CI1F-03: Podem ser selecionadas as publicações que analise e avalie a metodologia utilizada;
- CI1F-04: Podem ser selecionadas as publicações que apresente os softwares CAD/CAM utilizados no desenvolvimento do projeto;
- CI2F-05: AVA (Avaliação): Possui avaliação qualitativa do procedimento metodológico;

- CI2F-06: AVA (Avaliação): Apresenta avaliação qualitativa do uso da impressão 3D;
- CI2F-07: PRO (Projeto): Apresenta proposições para projetos futuros;
- CI2F-08: MAT (Material): Apresenta e avalia características dos materiais empregados.
- CI1F-09: Podem ser selecionados apenas os trabalhos Publicados em plataformas com classificação do “qualis periódicos” B2, B1, A2 e A1.

EXCLUSÃO 1º FILTRO:

- CE2F-01: AVA (Avaliação): Não apresenta as dificuldades encontradas no processo;
- CE2F-02: MAT (Material): Não apresenta os possíveis materiais que o produto poderia utilizar;
- CE1F-03: MAT (Material): Não demonstra o material utilizado na impressão 3D;
- CE1F-04: Não serão selecionadas as publicações em que as palavras chaves não estejam no texto da publicação.

5.5 PROCEDIMENTO PARA EXTRAÇÃO DE DADOS

5.5.1 SELEÇÃO E CATALOGAÇÃO PRELIMINAR DOS DADOS

A catalogação dos dados foram realizadas na ferramenta Start®, a partir da inclusão dos arquivos nos formatos BibTex, MEDLINE e RIS, respectivos arquivos extraídos das máquinas de buscas.

A seleção das publicações por meio dos filtros ocorreu em três momentos, sendo o primeiro aplicando os primeiros filtros descritos, visando extrações com menos detalhamento, mas sem que haja perda de informações prévias. No segundo momento, aplicando o segundo filtro, nesse caso a exclusão ocorreu por meio das leituras dos resumos e análise criteriosa dos dados, e por fim, aplicou-se o terceiro filtro, esse com o objetivo de identificar todas as informações relevantes das publicações, lendo os textos na íntegra.

Para a extração de dados relativos às publicações selecionadas, foram extraídas as seguintes informações: autores; título da publicação; data da publicação; base de busca; local onde foi publicado o estudo; característica da pesquisa; objetivos; fluxograma do procedimento metodológico aplicada no desenvolvimento da órtese; e softwares utilizados no procedimento.

5.6 SUMARIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Todos os artigos registrados durante a pesquisa, tendo sido incluídos ou não durante as aplicações dos filtros, estão agrupados inicialmente em uma tabela de dados disponíveis na plataforma Start®, onde foram organizados por plataformas e posteriormente vistos por meio de gráficos, facilitando assim a compressão dos dados. Os artigos duplicados foram os primeiros excluídos e posteriormente, aqueles que não foram aprovados pelos filtros, resultando assim, no número final de artigos necessários para as análises.

5.6.1 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE

Para análise de dados utilizou-se o seguinte procedimento: análise da abordagem metodológica; identificação das características cronológica e local da publicação; análise do método e ferramentas utilizadas no desenvolvimento da órtese.

5.6.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

Os seguintes questionamentos serviram de base análise **Quantitativa**:

- Quanta publicação tem indicando o processo do projeto?
- Quais os equipamentos foram utilizados para impressão?
- Quais projetos especificam os materiais utilizando na impressão 3D?
- Quantos métodos distintos foram utilizados?
- Quantificar os tipos de órteses que foram extraídas em suas categorias
- Quais os softwares utilizados no processo?

Já para a análise **Qualitativa**, foram utilizados os seguintes questionamentos:

- Dos métodos utilizados, quais são os mais indicados?
- A reprodução do projeto indicado é de fácil acesso?
- Os materiais utilizados são acessíveis? Quais são as indicações e restrições?
- Como as questões éticas de licença dos softwares são abordadas?
- Os softwares utilizados são de acesso livre?
- Qual dos métodos é o menos invasivo para o paciente?

5.7 PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DA REVISÃO

5.7.1 DEFINIÇÃO DO ESCOPO E ESTUDOS PRELIMINARES

A escolha do escopo da pesquisa resultou de pesquisas relativas a projetos similares do estudo primário, onde se percebeu a escassez de dados para realizar análises quantitativas e qualitativas, então, buscou-se compreender temas relativos (próximos) ao objetivo geral para posteriormente utilizar no desenvolvimento da análise aplicado no estudo primário.

Os primeiros testes de busca das palavras-chave foram extrações dos estudos primários resultantes do pré-projeto submetido no processo de seleção do programa de pós-graduação em ciência e tecnologia em saúde da UEPB. Na situação, foi compilado alguns grupos de expressões, até a identificação do mais adequado, no caso: *{((Design) AND ("3D Printing") AND (Orthosis))}*; e *{((“Computer Assisted Design” OR “Computer Assisted Manufacturing” OR Design) AND (“Printing, Three-Dimensional” OR “3-D Printing” OR “3D Printing”) AND (“Orthotic Devices” OR Orthose OR Parapodiums OR Orthoses OR Orthosis))}*.

01. *{((child) AND (microcephaly) AND (“zika virus”) AND (“assistive technology”) AND (“additive manufacturing”) AND (“system CAD/CAM”) AND (“Frame glasses”))}*.

Contudo, ficou evidente após os resultados das cinco máquinas de buscas (*Engineering Village, IEEEExplore, Scopus, Science Direct and PubMed*), o insucesso do conjunto de palavras. Outros três grupos de palavras com refinamentos também foram pesquisados, onde os resultados insatisfatórios persistiram. Segue os exemplos das expressões que foram compiladas para pesquisa:

02. *{("child with microcephaly" OR "microcephaly and zika" OR "microcephaly and zika virus" OR "microcephaly and zika virus and born") AND ("design assistive" OR "design for health" OR "design for health care" OR "assistive technology") AND ("system CAD/CAM" OR "CAD/CAM method") AND ("additive manufacture material" OR "additive manufacturing")}*;
03. *{(baby OR child OR childs OR infant) AND (microcephaly OR "congenital disease" OR zika OR "Zika virus") AND ("assistive technology" OR "assistive design" OR "universal design" OR "design for all") AND ("cad / cam system" OR "cad / cam method" OR "computer-aided design" OR "computer-aided manufacture") AND (glasses OR "3D printed glasses")}*;

04. {(microcefalia OR Microcefalias OR Microcéfalo OR “doença congênita” OR zika OR “zika vírus” OR “Vírus da Zika” OR “Vírus da Febre Zika” OR Zikavirus OR ZIKV OR ZikV) AND (cegueira OR “cegueira monocular” OR “cegueira legal” OR nictalopia OR “dificuldade visual” OR “Deficientes Visuais” OR “Pessoas Cegas” OR “Pessoas com Cegueira” OR “Pessoas Portadoras de Cegueira” OR “Portadores de Cegueira” OR “Portadores de Deficiência Visual”)} AND (Dispositivos de Autoajuda OR Dispositivos Assistivos OR Equipamentos Assistivos OR Tecnologia Assistiva) AND (“manufatura aditiva” OR “materiais para impressão 3D” OR “polímeros para impressão 3D” OR “impressão 3D”) AND (óculo OR “armação de óculo” OR “óculo impresso 3D”).

Após a constatação dessa situação, buscou-se abranger mais os conceitos a serem pesquisados, onde as expressões relativas à “criança com microcefalia afetada pelo Zika vírus” foi retirado, visto que as pesquisas nesse campo são recentes e quando associadas as demais expressões, não foram detectadas publicações satisfatórias. O termo “Tecnologia Assistiva e Sistema CAD/CAM” também sofreram alterações, sendo compactado apenas na expressão “Protocolo de projeto”. Além disso, a expressão “Manufatura Aditiva” foi substituída por “Impressão 3D”, pois o termo que estava sendo utilizado é recente e poucas pesquisas a utilizam. Por fim, além da expressão “Armação de óculos”, sentiu-se a necessidade de acrescentar a “Dificuldade Visual”. Dessa forma, o eixo principal do grupo de busca foi:

05. {((project) AND (3d printing) AND (frame glasses) AND (visual impairment))}.

Após o grupo de busca ser aplicado nas máquinas de buscas e constatado novamente as limitações dos termos, buscou-se calibrar os termos e encontrar novo grupo de busca aonde chegou ao seguinte resultado:

06. {((Project OR method OR methods OR protocol OR procedure) AND (“Additive Manufacturing” OR “3D printing”) AND (blindness OR “monocular blindness” OR “legal blindness” OR nyctalopia OR “visual impairment” OR “People with Disabilities” OR “Blind people” OR “People with Blindness” OR “People with Visual Impairment”))}.

Novamente o insucesso da pesquisa foi detectado e dessa vez as expressões de buscas foram resumidas aos strings que estão inseridos nos descritores do DeCS. Além disso, identificaram-se as expressões principais que juntas poderiam ter mais sucesso e com isso algumas alterações foram expressivas e de grande valia na busca das publicações, onde a string “Design” teve como

papel substituir o “*Project*”, visto que o conceito de projeto estava sem direcionamento e quando buscamos compreender os procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento de algum produto, a literatura se refere aos “métodos de projeto de design”, dando assim um direcionamento mais claro a pesquisa. Além disso, adotou-se o termo “órteses”, pois o foco principal da pesquisa não é criar uma armação de óculos para pessoas com dificuldades visuais, mas identificar e analisar os procedimentos metodológicos adotados para criação de algum tipo de órtese, onde o resultado final será aplicado no produto em questão, resultando assim no protocolo de desenvolvimento de projeto. O termo “*3d printing*” não sofreu alterações, devido ao foco da Revisão Sistemática e do Pré-Projeto, assim temos os grupos que estão descritos no corpo do texto da dissertação.

5.7.2 PRIMEIRA RODADA

A pesquisa foi realizada durante o curso do mês de Junho de 2018, e, buscou-se nas seguintes máquinas de busca: *Enginnering Village*, *IEEEExplore*, *Scopus*, *Science Direct* e *Pub Med*. A partir de então, os termos de buscas foram aplicadas as máquinas e uma série de publicações foi levantada, onde na presente etapa apenas os itens de inclusão dos *Strings* e data da publicação foram observadas.

- ✓ **Engineering V.** - ((*Design*) AND (“*3D Printing*”) AND (*Orthosis*)): 13 Registros;
- ✓ **IEEE** - ((*Design*) AND (“*3D Printing*”) AND (*Orthosis*)): 04 Registros;
- ✓ **Scopus** - ((*Design*) AND (“*3D Printing*”) AND (*Orthosis*)): 27 Registros;
- ✓ **Science Direct** - ((*Design*) AND (“*3D Printing*”) AND (*Orthosis*)): 41 Registros; e
- ✓ **PubMed** - ((*Design*) AND (“*3D Printing*”) AND (*Orthosis*)): 12 Registros

5.7.3 SEGUNDA RODADA

Essa segunda rodada teve por objetivo aumentar o número de registros encontrados, então foi necessário o acréscimo de sinônimos e *string* similar {((“*Computer Assisted Design*” OR “*Computer Assisted Manufacturing*” OR *Design*) AND (“*Printing, Three-Dimensional*” OR “*3-D Printing*” OR “*3D Printing*”) AND (“*Orthotic Devices*” OR *Orthose* OR *Parapodiums* OR *Orthoses* OR *Orthosis*))}, sendo que todas essas expressões, presentes nos descritores do DeCS. Salienta-se que houve uma limitação do tempo de busca do registro, utilizando como base os últimos três anos (2016, 2017 e 2018)

- ✓ **Engineering Village:** 22 Registros. Últimos 03 anos: 15 Registros.
- ✓ **IEEE:** 55 Registros. Últimos 03 anos: 24 Registros

- ✓ **Scopus:** 104 Registros. Últimos 03 anos: 59 Registros
- ✓ **Science Direct:** 51 Registros. Últimos 03 anos: 28 Registros
- ✓ **PubMed:** 17 Registros. Últimos 03 anos: 17 Registros.

5.8 DEFINIÇÃO DAS MÁQUINAS DE BUSCA

Todas as expressões foram submetidas em biblioteca digital, devido ao grande número de publicações que são expostas e ao fácil acesso para pesquisa. Dentre as bibliotecas possíveis de busca, foi utilizado o total de cinco, sendo elas a *Engineering Village*, *IEEEExplore*, *Scopus*, *Science Direct* e *PubMed*. Essas foram selecionadas, pois são destinadas a tecnologia, engenharia e saúde, cada uma na sua característica, expertise e foco de publicação.

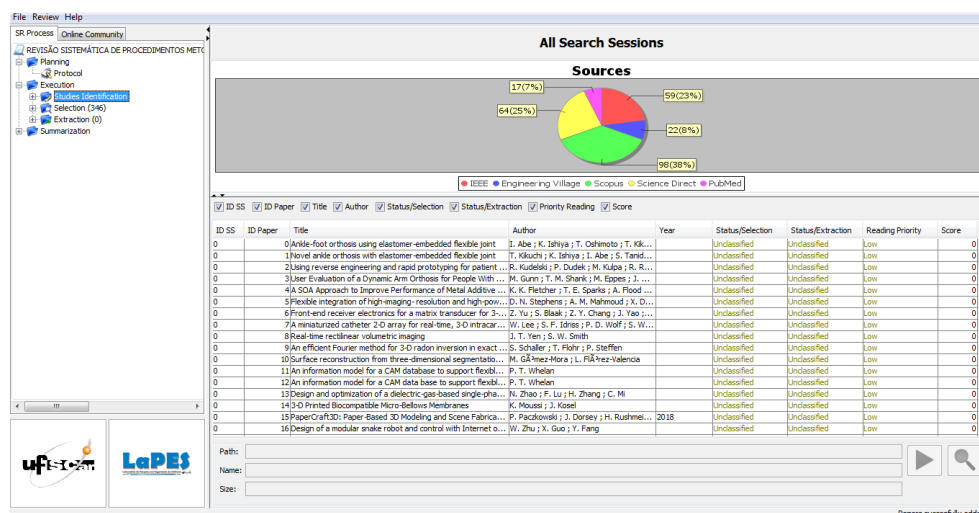
5.9 EXECUÇÃO DO PROTOCOLO

O preenchimento do protocolo teve como auxílio a ferramenta Start®, onde os itens do planejamento foram inseridos na interface, posteriormente, partiu-se para a segunda etapa do protocolo que consiste na execução, onde foram incluídas as máquinas de buscas utilizadas na revisão, e posteriormente os arquivos BibTex, MEDLINE e RIS. Como resultado inicial, observa-se que a busca no IEEE obteve 59 publicações registradas que corresponde a 17% de todos os trabalhos encontrados, já no *Engineer Village* foram registrados 35 artigos que resulta em 10% e no Scopus foram encontrados o maior número de pesquisas, tendo 131 no total que corresponde a 38% das publicações. Além deles, O *Science Direct* e o Pubmed tiveram 92 (27%) e 29 (8%) publicações registradas, respectivamente, totalizando o número de 346 artigos detectados. Destaca-se que os arquivos das máquinas de buscas consistem em dois, sendo o primeiro no número das publicações retornadas, quando utiliza-se a *String* sem calibração e no segundo com a calibração e refinamento dos termos. Com isso, buscou-se identificar os arquivos duplicados e esses foram desclassificados, evitando assim trabalhos desnecessários.

Com os artigos duplicados removidos, os números gerais da busca sofreram alterações, tendo o arquivo chegado ao resultado de 260 publicações ao total, distribuídos da seguinte forma: No IEEE obtivemos 59 publicações registradas que corresponde a 23% de todas as publicações registradas, no *Engineer Village* foram registrados 22 artigos que resulta em 8% e no Scopus continua sendo a máquina de busca que mais retornou arquivos, tendo 98 ao total que corresponde a 38% das publicações. Além deles, O *Science Direct* e o PubMed tiveram 64 publicações que se refere a 25% e 17 (7%) publicações registradas, respectivamente. Os números gerais da busca

podem ser observados na Figura 62 que corresponde ao modo como o a Start® demonstra os dados.

Figura 62 - Números gerais de artigos encontrados.



Fonte: Capturada pelo autor, 2019.

A diferença quantitativa desse primeiro momento pode ser observada no gráfico disponível pelo Start®, onde revela que 25% dos artigos registrados inicialmente das máquinas de buscas vieram duplicadas, ou seja, das 346 publicações iniciais 86 estavam duplicadas. Pode-se afirmar que os resultados após esse primeiro momento de buscas e exclusão dos arquivos duplicados foram satisfatórios, pois os números de estudos estão delimitados e os possíveis vieses que podem surgir na pesquisa, foram excluídos nos filtros que foram aplicados.

Além disso, torna-se necessário relatar que para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizadas as seguintes ferramentas: as plataformas de buscas; ferramenta Start®; atualização da versão JAVA 8 Update 171; *microsoft Word*; e, *software Mendeley Desktop*.

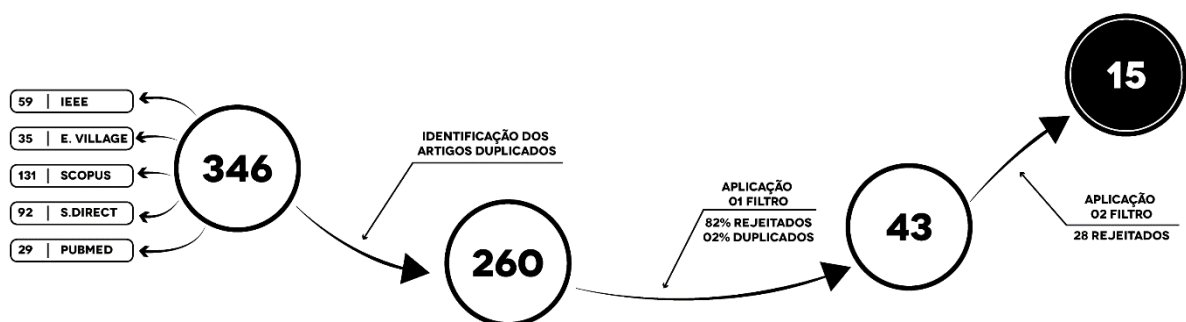
5.10 DADOS DAS PUBLICAÇÕES SELECIONADAS

Após a aplicação do primeiro filtro, observa-se que 82% das publicações foram rejeitadas, totalizando o quantitativo de 212. Além disso, 2% das publicações estavam duplicadas e 17% do total das 260 publicações selecionadas inicialmente foram aceitas para análise do segundo filtro, resultando no total de 43 artigos. O segundo gráfico apresentado na imagem se refere a “prioridade de leitura” que foi utilizada em todas as publicações, sendo elas classificadas ou não.

A seguir, compilou-se uma tabela (APÊNDICE D) que tem por objetivo demonstrar os dados extraídos das publicações que foram aceitas e rejeitadas. Onde foram extraídos os dados elencados no tópico 2.7.3 da presente pesquisa, com exceção das Características da pesquisa, Objetivos, Fluxograma do procedimento metodológico no desenvolvimento da órtese e o Software utilizado no procedimento, pois essas informações serão extraídas após a aplicação do segundo filtro, devido à necessidade da leitura dos artigos por completo. Além dessas informações, foi necessário acrescentar o Status da Seleção e os Critérios utilizados para exclusão, quando for o caso.

Para o segundo filtro e extração de dados (FIGURA 63), foi necessário realizar a leitura na íntegra dos artigos e neste processo foi possível observar que alguns estudos foram excluídos, pois não atendiam os requisitos necessários para extração de dados, então ficou assim o resultado geral dos artigos.

Figura 63 - Gráfico resultante da extração de dados do 2º Filtro



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

5.10.1 RESUMO DOS ARTIGOS SELECIONADOS

Os dados obtidos inicialmente estão organizados separadamente, onde compilamos um breve resumo dos 15 artigos selecionados (APÊNDICE C) incluindo alguns itens que consideramos como principais, sendo: objetivos, materiais e métodos, processo utilizados e conclusão. Vale ressaltar que apesar da aplicação dos filtros e da leitura dos artigos, um deles apresentou duplicidade, resultando assim na diminuição de 16 para 15 artigos, como podemos observar no Quadro 06.

Quadro 6 - Especificações dos artigos selecionados

ITEM	TÍTULO	AUTOR (ES)
01	<i>3D Printed Tooling For Thermoforming Of Medical Devices.</i>	Jairo Chimento, <i>et al.</i>
02	<i>Using Reverse Engineering And Rapid Prototyping For Patient Specific.</i>	Rafal K.; Piotr D.; Mykola K.; e Rafal R.
03	<i>The use of a low cost 3D scanning and printing tool in the manufacture of custom-made foot orthoses: a preliminary study.</i>	Dombroski CE, Balsdon ME, Froats A.
04	<i>Processing and 3D printing of Gradient Heterogeneous Bio-Model Based on Computer Tomography Images.</i>	Zongan Li <i>et al.</i>
05	<i>Individualized Arm Shells Towards an Ergonomic Design.</i>	Samuel M. F. <i>et al.</i>
06	<i>Case study: Hybrid model for the customized wrist orthosis using 3d printing.</i>	Jianyou Li e Hiroya T.
07	<i>Fabrication and stress analysis of ankle foot orthosis with additive manufacturing.</i>	Harish K. B. <i>et al.</i>
08	<i>Low cost digital fabrication approach for thumb orthoses.</i>	Miguel F.V. <i>et al.</i>
09	<i>Design of a 3D Printed Lightweight Orthotic Device Based on Twisted and Coiled Polymer Muscle: iGrab Hand Orthosis.</i>	Lokesh Saharan. <i>et al.</i>
10	<i>Design and Rapid Manufacturing of a customized foot orthosis: a first methodological study</i>	Fantini M. <i>Et al.</i>
11	<i>Ankle-foot orthosis made by 3D printing technique and automated design software.</i>	Yong Ho Cha <i>et al.</i>
12	<i>A Critical Analysis of a Hand Orthosis Reverse Engineering.</i>	Gabriele B.; Sami H.; e Alberto S.
13	<i>Additive Manufacturing of Custom Orthoses and Prosthese.</i>	Roland K. Chen <i>et al.</i>
14	<i>Design of a 3D-printed, open-source wristdriven orthosis for individuals with spinal cord injury.</i>	Alexandra A. P. <i>et al.</i>
15	<i>Concept and design of a 3D printed support to assist hand scanning for the realization of customized orthosis.</i>	Gabriele Baronio <i>et al.</i>

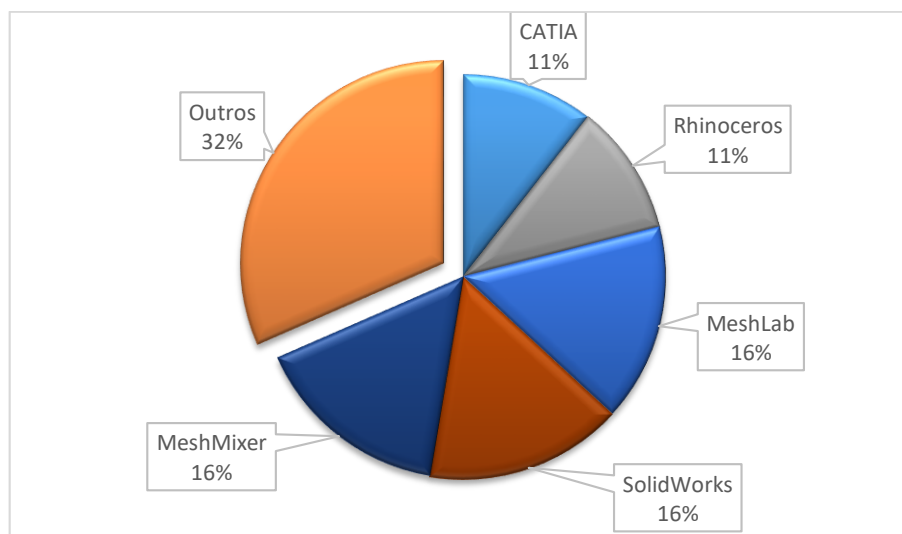
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

5.11 CONCLUSÃO DA REVISÃO

De uma forma geral, pôde-se observar que a estrutura dos trabalhos são similares, modificando algumas características que são necessárias, devido a natureza do produto final. A fim de simplificar o entendimento do leitor, dividimos a discussão da conclusão em dois eixos: material e método, com objetivo de identificar a prevalência de cada um desses pontos, sendo que os dados coletados dos objetivo e conclusão, são intrínsecos aos seus próprios estudos.

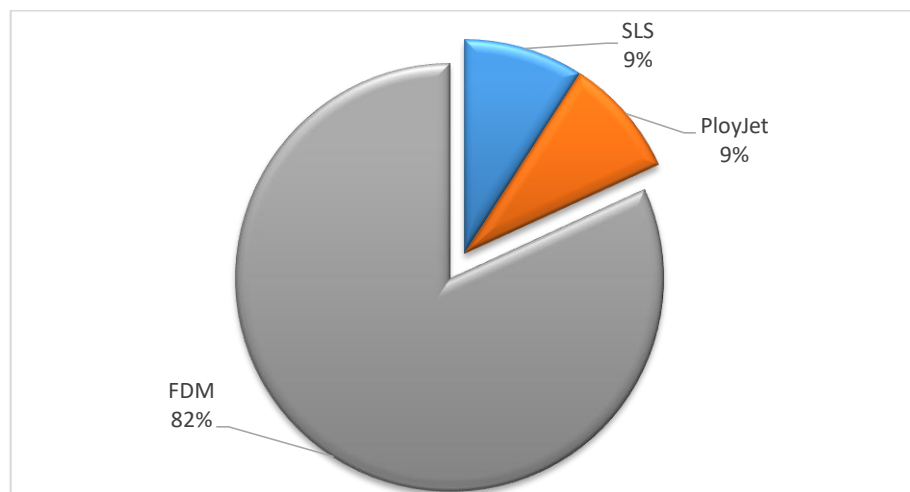
Em relação ao uso dos softwares, observa-se uma grande variedade de possibilidades, onde o uso permeria entres os de uso livre e os restritos (Gráfico 02). Dentre os listados, destacam-se o CATIA®, Rhinoceros® e o SolidWorks®, esses tendo como foco principal a manipulação para criação da peça em 3d. Além desses, detectamos o MeshLab® e o MeshMixer®, esses por sua vez, destinamos ao preparo do CAD pré-impressão.

Gráfico 2 - Softwares utilizados.



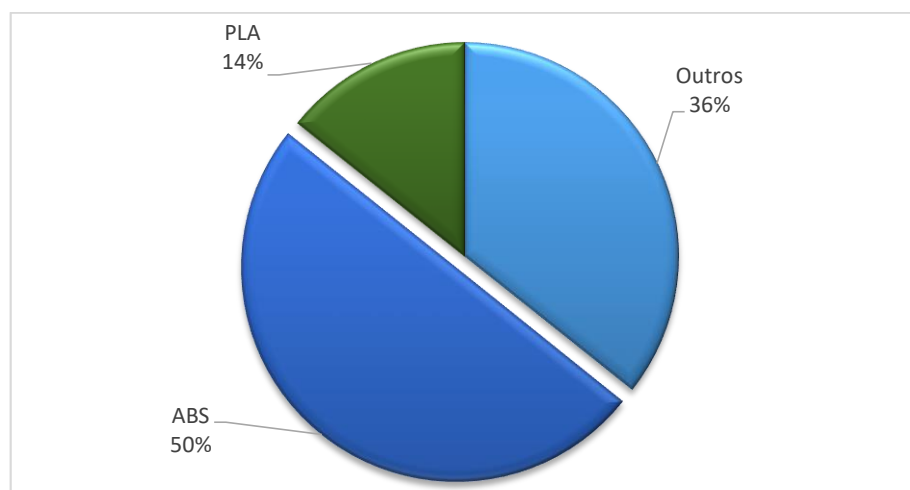
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Em relação aos materiais e tipos de impressão utilizadas, foi possível observar que o processamento por *Fused Deposition Modeling* - FDM obtem certa vantagem, em relação aos demais, possuindo cerca de 82% de prevalência nos casos, conforme verifica-se no Gráfico 03.

Gráfico 3 - Tipo de Processos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Além disso, verifica-se que o material mais utilizado para impressão foi o Acrilonitrila Butadieno Estireno - ABS, com cerca de 50%, consoante podemos observar com mais clareza no Gráfico 04.

Gráfico 4 - Materiais utilizados

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Em relação aos métodos utilizados, verificou-se diversos caminhos possíveis para chegar ao resultado desejado, contudo existe uma base estrutural nas metodologias que são essenciais, sendo: (1) Levantamento de dados via Scanners 3D; (2) Ajustes dos dados por meio do Software CAD; (3) Modelagem tridimensional do dispositivo; (4) Exportação da peça desenvolvida no

software de modelagem CAD em arquivo .stl; (5) Impressão tridimensional do protótipo; (6) Limpeza da peça extraída da impressão 3D; e (7) Análise de interação usuário-produto.

Observa-se que esses pontos estão de acordo com os do procedimento do desenvolvendo do protótipo adotados neste trabalho (Quadro 07), com exceção do último ponto, visto que esse constará como recomendações para um próximo trabalho. constatando a interação entre o processo e os objetivos traçados.

Quadro 7 - Paralelo entre os fluxos de produção do PROTÓTIPO

ETAPA	FLUXO EXTRAÍDA DA RSI	FLUXO PROPOSTO
01	Levantamento de dados via escaneamento tridimensional.	Coleta de dados antropométricos
02	Ajustes dos dados coletados no software de criação virtual 3D	Construção digital do protótipo - CAD
03	Modelagem tridimensional no software 3D do protótipo	
04	Exportar modelo CAD em arquivo .stl	
05	Impressão tridimensional do protótipo - CAM	Impressão tridimensional do protótipo - CAM
06	Limpeza da peça extraída da Impressão 3D.	Pós-processamento e Recomendações.
07	Análise de interação usuário-produto.	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

APÊNDICE C – RESUMO DOS ARTIGOS

Trabalho 01: *3D Printed Tooling For Thermoforming Of Medical Devices*⁹.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a adequação dos protótipos produzidos na Impressora 3D, utilizando a impressora comercial ZCORP na termoformação de Equipamentos Médicos. O estudo teve como foco principal a análise de materiais impressos no equipamento ZCORP (Zp 130, Zp 140 – misturas de outros materiais) em relação aos produtos moldados por Gesso (*Plaster of paris*) com adições de vermiculite.

Além disso, foram comparados os materiais em três características, sendo: permeabilidade pneumática; resistência à flexão e o desgaste dos espécimes. Observou-se que o desempenho dos materiais impressos pela Zcorp são relativamente superiores (como mostram os gráficos do artigo) quando comparado ao uso do material tradicional, mas devido o custo do gesso ainda ser menor, em relação aos Zp 130 e Zp 140, alguns melhoramentos no processo de impressão, deverão ser realizados para justificar a substituição total destes componentes. Outro ponto importante a ser informado, é que não foram observadas diferenças no desempenho da termoformação entre os modelos impressos e o de gesso tradicional.

Utilizou-se os Filamentos de Polímeros da ZCORP 3D Printer, em comparação ao padrão de gesso/vermiculita em relação à flexão e taxas de desgastes. A pesquisa também demonstra os materiais e os processos que foram realizados para se obter os dados comparativos entre eles, além de elaborar testes distintos entre as porcentagens dos materiais utilizados na mistura para obter os dados.

Trabalho 02: *Using Reverse Engineering And Rapid Prototyping For Patient Specific*¹⁰.

O objetivo do trabalho foi desenvolver um processo de projeto para partes de órtese, permitindo os ajustes individuais às características físicas do paciente, proporcionando conforto e qualidade visual adequada. Nas soluções ortopédicas médicas de hoje, os equipamentos estão cada vez mais chamando nossa atenção, não apenas para seu funcionamento adequado, mas também para sua aparência moderna e estética. Portanto, decidiu-se criar um protótipo de órteses para o tratamento da tendinite, como parte do trabalho preliminar. Além disso, descreveu-se a utilização da prototipagem rápida (RP), digitalização 3D e ferramentas de software no decorrer do processo. Esse estudo demonstrou os principais pontos da metodologia de projeto e de

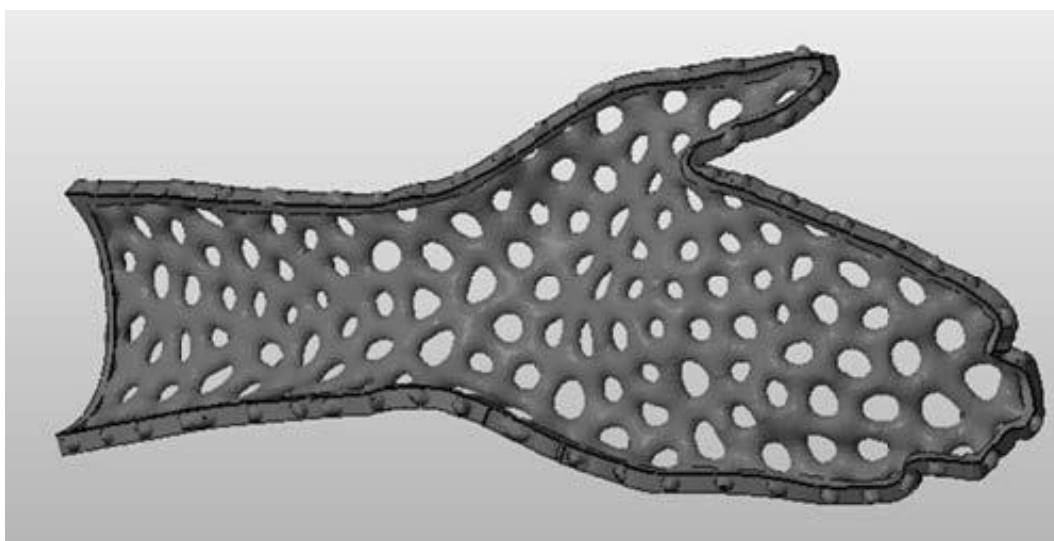
⁹ Instrumentos impresso em 3D para termoformagem de dispositivos médicos. (Tradução livre)

¹⁰ Utilizando Engenharia Reversa e Prototipagem Rápida para paciente específico. (Tradução Livre)

fabricação. Além disso, foi possível observar que a abordagem utilizou tecnologias específicas, como: digitalização 3D; Engenharia Reversa; software de superfície poligonal; e impressão 3D.

Portanto, o método utilizado foi: obter a imagem 3d da mão do paciente por scan; Limpar a imagem obtida da mão do paciente; ajustar órtese e adaptá-la ao 3D da imagem do paciente; e por fim, realizar a impressão 3D do protótipo. Para cada etapa, podemos observar a utilização de ferramentas específicas, onde: o software 3D CATIA ficou como responsável para criação da modelagem virtual do protótipo, posteriormente utilizou-se para ajustes finais dos Nurbs e da Órtese, os softwares (CAD) MeshLab e/ou Rhinoceros/Grasshoper (FIGURA 64); Para scanear a mão do paciente foi utilizado o *ROMER Absolute Arm* com escaner integrado; e por fim, para a impressão do protótipo, usou-se a 3D Formiga P100 da EOS GmbH usando P2200 (poliamida PA12).

Figura 64 - Projeto da Órtese modificada por Rhino/Grasshopper



Fonte: Rafal K. et al, 2017.

Observamos que não existem análises em relação aos procedimentos, mas apenas em relação ao tempo de produção da peça, onde para este método, o tempo de construção dos elementos depende da superfície dos componentes produzidos e do processo de impressão. Portanto, observou-se que do ponto de vista econômico, é indispensável um planejamento adequado para cada protótipo, visto que isso influenciará diretamente no resultado final do projeto.

Trabalho 03: *The use of a low cost 3D scanning and printing tool in the manufacture of custom-made foot orthoses: a preliminary study*¹¹.

O objetivo deste estudo foi investigar a viabilidade de um arranjo de digitalização e impressão 3D de baixo custo. Observou-se a cinemática do pé, enquanto caminha utilizando a órtese, e foi proposto um método tomando como base os seguintes procedimentos e ferramentas: Scanear a parte do corpo humano desejável com o Microsoft Kinect (Microsoft Corporation, Redmond, WA); modelagem digital 3d do protótipo, por meio do software de código aberto (3D-CoForm, MeshLab); impressão do protótipo utilizando uma impressora 3D para desktop (Makerbot®, Makerbot Industries, Brooklyn, NY); e por fim, para capturar os movimentos o *Vicon Motion Capture Systems*¹².

A partir disso, identificou-se o padrão ouro da pesquisa, esse sendo os pacientes sem anomalias ou lesões nos pés. Então, foi utilizado o Scanner para gerar o arquivo 3D, exportando esse, em extensão de arquivo.STL. Posteriormente, ajustou-se o arquivo 3D nos softwares CAD e então, obtendo o protótipo final o imprimiu em modelo 3D, por Filamento em ABS. Por fim, obteve-se um molde de gesso por fundição, método tradicional e então foram capturados os movimentos desejados, através do *Vicon Motion Capture Systems*.

Trabalho 04: *Processing and 3D printing of Gradient Heterogeneous Bio-Model Based on Computer Tomography Images.*¹³

Este trabalho introduziu um método de integração para a impressão 3D de biomodelo gradiente heterogêneo, baseado nas imagens obtidas por Tomografia ou Ressonância. Primeiramente, foi determinado o processo de projeto/fabricação, e as imagens foram construídas através do algoritmo de cubos e armazenadas pelo arquivo PLY. Em seguida, foi proposto o algoritmo de distribuição e topologia do material para mapear as informações do material heterogêneo em gradiente e o modelo HEO em CAD foi fatiado e mapeado em cores. Finalmente, o protótipo dentário foi impresso em 3D. Resumindo, o processo consistiu nas seguintes etapas: Construção do modelo CAD 3D do protótipo a ser impressor; Fatiamendo virtual do modelo CAD 3D; e Impressão 3D da peça.

¹¹ Um estudo preliminar: o uso de uma ferramenta de impressão e digitalização 3D de baixo custo na fabricação de órteses de pés personalizadas. (Tradução Livre)

¹² Sistemas Vicon de captura de movimento. (Tradução Livre)

¹³ Processamento e Impressão 3D de Biomodelo Gradiente Heterogêneo Baseado em Imagens da Tomografia Computadorizada. (Tradução Livre)

Para isso, o modelo 3D dental foi obtido através de construção por imagens de tomografia computadorizada e exportado para modelos de dados monocromáticos padrão de arquivos PLY. A topologia geométrica da forma (com dados do modelo de superfície triangular) e a estrutura do material (com informações de cores) foram parcialmente projetadas para atender aos requisitos funcionais. Logo depois, o objetivo da segunda etapa foi transformar o modelo PLY com informações estruturais e materiais (informações de cores) em uma série de arquivos de imagem 2D coloridos, sabendo que as informações de fabricação deveriam corresponder às informações de cor e estrutura. Então, a última parte foi a fabricação digital e enviar as informações efetivas para o sistema de impressão 3D multimaterial. Este sistema combinou a prototipagem rápida com jacto de tinta e 3D, e as soluções contendo diferentes materiais corresponderam respectivamente ao sistema de bocal de distribuição.

Trabalho 05: *Individualized arm shells towards an ergonomic design of exoskeleton robots.*¹⁴

O presente artigo teve por objetivo apresentar uma nova técnica para realizar uma reconstrução tridimensional personalizado, possibilitando ajustes na estrutura da casca do exoesqueleto do membro superior. Para tal, foram utilizados alguns materiais, dentre eles: a câmera NDI Polaris Vicra para a configuração experimental do sistema; o rastreador, conectado com três refletores infravermelhos marcadores; para a obtenção/ajustes do Modelo 3D e exportação do arquivo em .stl para impressão, utilizou-se o software Matlab; além de alguns instrumentos de sonda que não foram especificados.

A partir da obtenção da imagem através do processo de escaneamento, a malha do modelo foi ajustada através do software e exportada em arquivo .stl para impressão. O próximo passo, foi realizar a análise do material (impresso em alumínio), para isso o estudo não revelou detalhes dos equipamentos utilizados, mas apenas a obtenção dos resultados em relação à resistência do material. Então, foi possível observar que o trabalho apresentou um novo método para desenvolvimento das estruturas exoesqueléticas *custom-fit*, por meio de uma técnica de varredura 3D. Essa técnica, possui três características fundamentais: a sonda que funciona como uma caneta virtual para registrar nuvens de pontos; o filtro laplaciano que foi desenvolvido para suavizar a superfície gerada através do Método de triangulação; e, por fim, a geração de estrutura (casca) normal à uma superfície com uma espessura arbitrária normal à área.

Essas estruturas (cascas) são destinadas a ser integrado em um exoesqueleto impresso em 3D, que permite uma interface física mais confortável entre os humano e os robô, podendo

¹⁴ Cascas individualizada do braço para um projeto de robôs do exoesqueleto ergonómico. (Tradução Livre)

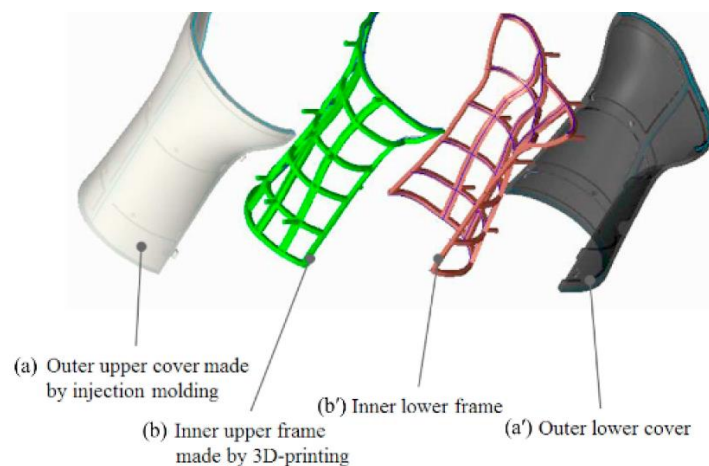
transmitir de forma suave, a interação de torques para o membro humano. Vale ressaltar a importância das próximas pesquisas na exploração do design ergonômico do protótipo, por meio de prototipagem rápida. Onde, para avaliar um futuro projeto, também deve-se enfatizar no método de avaliação subjetiva para avaliação do conforto das estruturas dos braços prototipados.

Trabalho 06: *Case study: Hybrid model for the customized wrist orthosis using 3d printing.*¹⁵

A pesquisa teve por objetivo discutir acerca do modelo híbrido para órtese de punho (FIGURA 65), como um novo conceito de substituição das alternativas existentes dos moldes de gesso. Onde o conceito principal do modelo, foi dividir a armação interna da cobertura externa, possibilitando o uso da tecnologia de moldagem por injeção tradicional híbrida para tecnologia de impressão 3D da órtese de pulso.

Sabe-se que as impressões 3D atuais têm uma limitação no que tange a redução do tempo na produção de cada peça, e, a fim de reduzir o tempo de fabricação, é necessário que o volume da peça gerada pela impressora 3D, seja reduzido. Para isso, torna-se indispensável separar o espécime em duas partes, sendo: a estrutura interna ao redor da pele, usando a impressão, após o escaneamento 3D das superfícies anatômicas fraturadas; e, a “tampa” externa localizada na estrutura interna, onde é preparada antecipadamente após ser fabricada por tecnologia de moldagem por injeção. Ao fazer isso, espera-se que o tempo destinado a fabricação por meio da impressão 3D, seja drasticamente reduzido.

Figura 65 - Conceito de modelo híbrido para órtese..



Fonte: Huhn Kim¹ e Seongwon Jeong, 2015.

¹⁵ Estudo de caso: modelo híbrido para a órtese do pulso personalizada utilizando a impressão 3D. (Tradução livre)

Então, buscou-se como primeiro passo deste modelo híbrido para órtese de punho a digitalização da parte do corpo fraturado, utilizando um fotométrico ou laser scanner 3D, então os dados obtidos foram processados em software de modelagem de superfícies, onde os furos, as conexões e ajustes das superfícies foram executadas. Posteriormente, o processo foi o refinamento das superfícies e uma “carcaça” externa foi escolhida, visto que foi realizada por moldagem, com base no tamanho do punho do paciente. Uma vez selecionado o tamanho da estrutura externa, a geometria 3D das partes selecionadas foram resolvida no software de modelagem de sólidos, manualmente, a fim de construir o formato interno e sua conexão.

Quando a construção foi finalizada nos softwares de sólidos paramétricos, os dados foram traduzidos em um poligonal (Formato STL), e então, as carcaças internas construídas por uma impressora tridimensional. Por fim, o acabamento da superfície, como a remoção de material de suporte, polimento e pintura foi realizada, a fim de obter-se uma melhor qualidade estética e funcional da peça, visto que elementos adicionais foram incluídos durante o processo de impressão, que não são necessários para o protótipo final. Dentre os materiais utilizados neste processo, podemos observar a presença de: policarbonato na carcaça externa, utilizando método de produção por Injeção; para a carcaça interna foi utilizado o plástico ABS; a impressora 3D utilizada foi a Objet500 Connex da Stratasys Inc, utilizando tecnologia ployjet; o Scanner 3D fotométrico usado foi o REXCAN4 (Solutionix, Coreia); e para modelagem 3D das peças, não identificamos os softwares utilizados.

Pode-se observar que - naquele momento - a órtese utilizando a impressão 3D não é economicamente viável, quando comparamos com os modelos tradicionais de gesso. Visto que, geralmente, o processo por tratamento de gesso leva cerca de 40 minutos, para um médico experiente completar, e ao observar o processo por impressão, o total de tempo do processo foi significativamente maior, onde constatou-se que o tempo total necessário para a órtese do membro superior ser concluída foram de 23,7 horas. Paralelamente, observou-se que o tempo para construir uma determinada peça pela tecnologia FDM foi de 9,5 horas, mas quando reduzido a estrutura interna esse tempo poderá ser reduzido de forma significativa, em aproximadamente 1/3 do tempo. Além disso, viu-se que o tempo para a impressão da estrutura interna poderia ser menor, se a altura da camada de impressão mudasse para cerca de 0,2 mm, uma vez que 0,03 mm foi a altura da camada adotada naquele protótipo.

Trabalho 07: *Fabrication and stress analysis of ankle foot orthosis with additive manufacturing.*¹⁶

Neste trabalho Foram desenvolvidos algumas variações de design do produto e todos passaram pelo mesmo método de decisão projetual, tendo o teste de elementos finitos como principal requisito para definição do modelo final. Onde, o protótipo final possibilitou a estabilidade lateral medial e flexão dorsal/plantar e não houve efeito sobre as propriedades temporais da marcha.

Para isso, tornou-se necessário adotar as seguintes etapas projetuais: criação virtual do paciente através das ferramentas de software 3d; obtenção da imagem 3D e geração do arquivo .stl; utilização de software para modelagem do protótipo, utilizando nesta etapa o software de projeto comercial CATIA V5; Posteriormente a obtenção da imagem 3D, realizou-se o fatiamento, onde o arquivo foi convertido em 3D e transformado em g-code (software slicer como Skeinforge, KISSlicer e Slic3r); então, foi necessário a impressão 3D por camadas finas, especificadas no fatiamento, utilizando a técnica Rapid Prototyping (FDM) na *3D Printing Machine*; e, por fim, realizou-se o teste de Elementos Finitos, para análise de resistência do produto, utilizando o Software Ansys R15.0.

Por fim, observou-se que os resultados apresentados neste trabalho de pesquisa foram apenas indicativos do potencial destas ferramentas de projeto e uma avaliação antes da prescrição. Visto que essas características, podem ser modificadas virtualmente, com objetivo de atender demandas específicas dos pacientes, como parte das estratégias de análises, com propósito de alcançar o projeto ideal.

Trabalho 08: *Low cost digital fabrication approach for thumb orthoses*¹⁷.

Este estudo visou contribuir para esta área crescente de pesquisa, explorando um novo procedimento metodológico, utilizando ferramentas de projeto e fabricação de baixo custo combinado com acabamento não manual. Esse processo foi aplicado em órteses estáticas de imobilização do polegar do membro superior, em particular, aqueles utilizados nos pacientes submetidos ao tratamento da Tendinite (Síndrome) De Quervain¹⁸.

¹⁶ Fabricação e análise de tensão da órtese do tornozelo do pé com manufatura aditiva. (Tradução Livre)

¹⁷ Abordagem de fabricação digital de baixo custo para órteses do polegar. (Tradução Livre)

¹⁸ A síndrome de *De Quervain* consiste numa inflamação que afeta os tendões do punho que se dirigem para o polegar do membro superior.

Em relação ao design, o objetivo foi criar uma proposta confortável e uma órtese, esteticamente agradável, para o usuário sem sacrificar nenhuma de suas funcionalidades. Para analisar sua viabilidade, foi realizada uma comparação de custos entre o fluxo de trabalho proposto e o tradicional método de fabricação de CMIO. Em relação ao método utilizado, observamos que o projeto foi dividido em seis etapas principais.

Tomando como base as informações do texto, podemos identificar que para cada etapa do projeto, foram utilizados alguns materiais, dentre eles: o Scanner 3D portátil 3D Systems SENSE (3D Systems, Rock Hill, SC, EUA), para realizar a aquisição da imagem 3d; já para a modelagem CAD foi utilizado o Software livre Autodesk Meshmixer (Autodesk Inc., San Rafael, CA, EUA) e para converter o modelo CAD em código g-code da impressora 3D, foi utilizado o pacote de software de código aberto Slic3r versão 1.0. (Ranellucci, 2013); posteriormente, utilizou-se para impressão do protótipo o filamento termoplástico de copolímero ABS preto de 3 mm; e, para concluir o procedimento, usou-se a impressora de baixo custo BCN3D Technologies.

Os resultados relativos ao processo de digitalização 3D mostram que sensores de baixo custo podem ser precisos e suficientes para os objetivos do projeto, permitindo que uma ampla gama de profissionais adotem este método de fabricação digital. Em relação ao processo de design, o Autodesk Meshmixer demonstrou-se eficiente, para com as etapas do projeto, e foi possível concluir que essas poderiam ser executadas na plataforma. Além disso, a estrutura do software livre forneceu construções estéticas leves e a possibilidade de ser impressa com apenas alguns suportes.

Trabalho 09: *Design of a 3D Printed Lightweight Orthotic Device Based on Twisted and Coiled Polymer Muscle: iGrab Hand Orthosis*¹⁹.

O estudo teve como objetivo principal, desenvolver um protocolo de produção para novos produtos de reabilitação, no caso uma órtese de joelho imobilizadora, usando impressão 3D. Para tal, dividiu-se o procedimento em três etapas, sendo a primeira a digitalização 3D da parte anatômica desejada, a segunda na modelagem 3D do protótipo e, por fim, a impressão 3D.

Com base nesse fluxo, temos que na etapa da captura da imagem do segmento anatômico de interesse, foi possível chegar ao desejado, por meio da tecnologia de digitalização tridimensional (Digitalização 3D) que fornece uma representação digital do área capturada. Essa representação foi necessária para a segunda fase do protocolo que consistiu no desenho da órtese

¹⁹ Órtese da mão de iGrab: Projeto de um dispositivo ortopédico impresso 3D de pouco peso baseado no *Twisted and Coiled Polymer Muscle*. (Tradução Livre)

adaptado à geometria da anatomia segmento. Uma vez criado o modelo 3D da órtese, na terceira etapa foi necessário a confecção da órtese utilizando tecnologias de impressão 3D.

Ademais, sabe-se que para o sistema de aquisição de imagens foi utilizado o ZScanner™ 700 juntamente com o software ZScan™ (CREAFORM 2016), esse um scanner laser portátil que utiliza marcadores para posicionar o objeto em um espaço 3D; Para uma melhor suavização da superfície do espécime a ser impresso, utilizou-se o Autodesk® MeshMixer, exigindo um *resaving* da superfície com o formato de arquivo .stl; Por fim, para impressão 3D foram utilizados a sst768 da Stratasys e um Replicator 2 da Makerbot, onde os materiais utilizados no protótipo foram o Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) no equipamento Stratasys e Poliuretano Termoplástico (TPU) material Ninjaflex® no Makerbot.

Concluiu-se que os passos do protocolo foram realizados com sucesso, desde a aquisição da representação digital do segmento anatômico e processamento da respectiva imagem à modelagem paramétrica e impressão 3D dos protótipos. Além disso, que o método de aquisição da imagem anatômica pode ser melhorado através do uso de scanners 3D adequado, que simplificasse a aquisição.

Trabalho 10: *Design and rapid manufacturing of a customized foot orthosis*²⁰.

Este trabalho descreveu e documentou o projeto desenvolvido e a metodologia do processo de fabricação de uma órtese personalizada do membro inferior, no caso o pé. A metodologia consistiu em três procedimento bases, sendo: o primeiro na digitalização e captura de dados, usando um scanner a laser Romer 3D, contendo a sua suavização e remoção dos pontos poligonais, e posteriormente na adaptação e preparação do sólido para a criação de modelos virtual, onde não obtivemos a informação do software utilizado.

Então, partiu-se para o projeto de revestimento dos resíduos personalizado com a criação do modelo digital a partir de uma “nuvem de pontos”, segmentando o modelo em um formato para permitir o planejamento dos processos e usinagem criogênica direta - CNC; por fim, obteve-se a fabricação do modelo final.

Trabalho 11: *Ankle-foot orthosis made by 3D printing technique and automated design software*²¹.

²⁰ Primeiro estudo metodológico: projeto e prototipagem rápida de uma órtese personalizada de pé. (Tradução Livre)

²¹ Órtese tornozelo/pé desenvolvida por meio da técnica de impressão 3D e software de design automatizado. (Tradução Livre)

O presente artigo teve por objetivo o desenvolvimento de uma proposta de Órtese de Tornozelo/Pé (AFO), utilizando o sistemas CAD/CAM (FIGURA 66). Observou-se que para tal, foi realizado inicialmente o escaneamento da perna direita do paciente, por meio do scanner 3D Eva (Artec TM Eva, Artec Group, Luxemburgo); depois de adquirir o arquivo virtual, partiu-se para modelagem 3D, onde utilizaram-se os softwares - MediACE3D® e SolidEng Corp.

Então, foi inserido o arquivo da modelagem e criou-se um arquivo .stl do protótipo; por fim, pode-se inferir houve a impressão do protótipo, mas o estudo não deixa claro as especificações do material. Para avaliar a durabilidade dos protótipos impressos em 3D da AFO, foram realizados alguns testes mecânicos e após dois meses, o paciente retornou ao ambulatório e foi realizado um teste de análise 3D da marcha, utilizando a HWK-200RT® Motion Analysis Corp. E posteriormente outra avaliação de satisfação do usuário.

Figura 66 - Procedimento do scan ao protótipo.



Fonte: Adaptado pelo autor, com base Yong Ho Cha et al. 2017.

De acordo com o questionário aplicado na pesquisa, todos os itens foram classificados como "Muito satisfeito" ou "satisfeito". Visto que, o paciente estava mais satisfeito com a AFO impressa em 3D do que a AFO convencional, nos quesitos do peso e da facilidade de uso, enquanto o convencional AFO foi mais eficaz em relação ao material impressa em 3D. O protótipo impresso em 3D exibiu funcionalidade semelhante como ao convencional, e o usuário, apresentou-se consideravelmente satisfeito em termos de dimensão, peso, ajustes, facilidade de uso e conforto. Ainda identificamos que o estudo foi um relato de caso e para solidificar os resultados obtidos, poderá ser um estudo randomizado ou estudo cruzado.

Trabalho 12: *A Critical Analysis of a Hand Orthosis Reverse Engineering*²².

Esta pesquisa consistiu no projetos e testes das etapas essenciais de todo o processo de produção de uma órtese do membro superior, com ênfase especial na aquisição precisa da geometria do antebraço e na subsequente produção de um modelo para impressão da órtese. Para tal, foram utilizados alguns procedimentos metodológicos. Onde, o primeiro passo foi a aquisição da anatomia 3D, utilizando o Scanner óptico *3D Scan-in-a-Box* com objetivo de produzir uma digitalização anatômica fiel da mão e do punho. Essa digitalização ocorreu com em relação a um braço livre ou parcialmente sustentado, e então, após o scaneamento, gerou-se um arquivo em .stl do modelo da malha triangular.

A segunda etapa, consistiu na modelagem 3D da Órtese da Mão, para isso foi utilizado o software CAD Rhinoceros®, sendo necessário a manipulação do software para obter a representação NURBS²³ da superfície, por meio de ferramentas específicas. Então, após modelagem virtual da superfície reconstruída, gerou-se a geometria sólida da órtese; na última fase do processo de produção da órtese, foi necessário a exportação do modelo 3D, otimizado em uma malha triangular no formato .STL, essa sendo a extensão compatível para impressão, e finalmente resultando na impressão da peça via impressora da *Stratasys "Dimension BST 1200es"*.

Percebe-se assim que para a digitalização da anatomia do antebraço, foi aplicado uma solução de digitalização 3D de baixo custo, mas que não afetou a qualidade da peça, uma vez que garantiu um alto grau de precisão do scaneamento. Viu-se que o uso do software CAD para processar e importar a malha poligonal, obtida do produto digitalizado, não seria necessário, caso houvesse a utilização de um software capaz modelar virtualmente na malha com formato .stl. Por fim, esse software também poderia incluir as possibilidades de corrigir a anatomia do humanoide, ajustando as posições de acordo com as necessidades.

Trabalho 13: *Concept and design of a 3D printed support to assist hand scanning for the realization of customized orthosis*²⁴.

De acordo com esse estudo, o método tradicional de desenvolvimento por escaneamento pode se considerado invasivo, demorado e desconfortável para o paciente, então propuseram o

²² Uma análise crítica da engenharia reversa da órtese da mão. (Tradução livre)

²³ *Non Uniform Rational Basis Spline* é considerado um modelo matemático, utilizado para construir e reproduzir curvas/superfícies em programas gráficos.

²⁴ Conceito e projeto de suporte impresso em 3D para auxiliar a digitalização manual para construção de órtese customizada. (Tradução livre)

desenvolvimento a partir da Engenharia Reversa. Segundo os pesquisadores, altos níveis de personalização podem ser alcançados seguindo uma abordagem de engenharia reversa, geralmente consistindo de três etapas principais: 01º Varredura das partes anatômicas (scan); 02º Processamento da geometria adquirida, utilizando software de criação virtual – CAD; 03º Criação do dispositivo usando tecnologias de manufatura aditiva – CAM.

Observou-se com a pesquisa que o processo de design e a interação entre clínicos e designers, tornou necessário o desenvolvimento e a produção de outras versões do dispositivo. Visto que, o uso de técnicas de manufatura aditiva no desenvolvimento do dispositivo, permitiu-nos prosseguir o processo do projeto que obteve bons resultados. O produto resultante, além de possibilitar o uso indiferentemente à direita ou à esquerda, pode ser adequado como apoio palmar na aquisição do lado dorsal da mão. Como passo do próximo projeto, ficou definido que os autores estenderão o uso do dispositivo de suporte projetado para uma amostra mais ampla de os dados adquiridos dos pacientes, serão utilizados para a concepção de órteses personalizadas.

Por fim, torna-se necessário informar que dentre os materiais utilizados na pesquisa estão: o Scanners Cronos 3D Dual and Insight by Open Technologies Srl.; o suporte software CAD, utilizado para criação do modelo CAD, entretanto o modelo não foi encontrado; e, enfim, a impressora FDM (Stratasys "Dimension BST 1200es"), utilizando o filamento de ABS (ABSplus, resistência à tração: 37 mpa) para impressão do protótipo.

Trabalho 14: *Additive Manufacturing of Custom Orthoses and Prosthese*²⁵.

O artigo teve por objetivo realizar uma análise da produção tradicional das órteses e as realizadas por manufatura aditiva, dentro de um espaço de tempo determinado. Dentre as limitações das avaliações clínicas, a tecnologia AM demonstrou ser capaz de fabricar órteses personalizados, com os ajustes necessários de qualidade e com a resistência adequada. No entanto, algumas evidências também mostraram que existem casos clínicos, em que os meios tecnológicos (em design e fabricação) e as barreiras financeiras devem ser superadas, visto que ainda existem limitações de acesso às impressoras 3D, com isso o estudo, concluiu que, apesar de todo avanço tecnológico da AM, ainda existem barreiras clínicas, financeiras e tecnológicas para sua utilização em larga escala. Além disso, foi possível observar o procedimento metodológico utilizado neste estudo, onde consistiu o fluxo em três etapas principais, sendo a primeira no escaneamento a laser 3D, capturando a geometria 3D e rastreando a impressão da caixa de espuma ou diretamente o pé do paciente. Ademais, observou-se que o perfil da superfície

²⁵ Manufatura aditiva de órteses e próteses customizadas. (Tradução Livre)

foi processado, usando um software, por exemplo, o Tracer® CAD. Posteriormente, a segunda etapa consistiu na modificação da geometria e na exportação em arquivo de estereolitografia (.stl) para outro software *MagicsTM*® (Materialize, Leuven, Bélgica). Dentro *MagicsTM*®, foi utilizado a função *offset*, gerando uma determinada espessura - definida pelo usuário - da superfície representada, criando assim, o modelo sólido 3D. Paralelamente, criou-se um sólido em formato de bloco no *SolidWorksTM* (Dassault System, Waltham, MA) e este arquivo foi salvo e exportado, também em formato .stl. Então, esses dois arquivos .stl (superfície e sólido) foram importados e fundidos no *MagicsTM*® e um único arquivo STL, que foram utilizados para fabricação do protótipo, utilizando a impressão por FDM.

Trabalho 15: *Design of a 3D-printed, open-source wristdriven orthosis for individuals with spinal cord injury*²⁶.

O objetivo deste trabalho foi buscar a melhoria do projeto da órtese de pulso - *wrist-driven orthoses* (WDO) para indivíduos com lesão da medula espinal - *spinal cord injury* (SCI), desenvolvendo e quantificando melhorias na fabricação de WDO usando CAD e 3Dprinting tecnologia. Uma abordagem de design centrada no ser humano foi usada como estrutura para pesquisa, em que a equipe de pesquisa trabalhou em estreita colaboração com estudantes de uma clínica de prótese e Ortopedia (P&O) e membros da comunidade SCI local, tendo como objetivo a criação do programa de impressão 3D. Neste projeto, a metodologia teve início na criação de um modelo do WDO, criado em Software CAD - SolidWorks. Cada componente do WDO foi projetado de tal forma, em que as dimensões pudessem ser facilmente manipuladas para encaixar no maior número de usuários possível. Observa-se também que o Software CAD foi utilizado em todo o processo para iterar o modelo com base no feedback dos alunos e usuários de P&O. Uma impressora 3D (FlashForge Creator Pro, FlashForge) foi usada para fabricar as peças em filamento de polímero de ácido polilático de 1,75mm (PLA), e para preparar os modelos CAD para impressão, utilizou-se um software de fatiamento gratuito da MakerBot®, onde também foi possível ajustar corretamente a posição na base de construção. Ao longo da pesquisa, observa-se que foi elaborado um manual (S1 Manual) com objetivo de orientar a impressão e montagem do WDO, incluindo o processo de obtenção das medidas necessárias com uma fita métrica e como inserir as dimensões no software CAD para garantir um ajuste personalizado, conforme as várias formas e tamanhos dos membros.

²⁶ Projeto de órtese do punho impresso em 3D com código aberto para indivíduos com lesão medular. (Tradução livre)

APÊNDICE D – TABELA DOS ARTIGOS

ID	Título	Autores	Ano	Local da Publicação	Status	C.E
03	User Evaluation of a Dynamic Arm Orthosis for People With Neuromuscular Disorders	M. Gunn; T. M. Shank; M. Eppes; J. Hossain; and T. Rahman	2016	IEEE - Engineering in Medicine and Biology Society	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-01
04	A SOA Approach to Improve Performance of Metal Additive Manufacturing Simulation	K. K. Fletcher; T. E. Sparks; A. Flood; F. Liou	2017	IEEE - International Conference on Cognitive Computing (ICCC)	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-01
05	Flexible integration of high-imaging- resolution and high-power arrays for ultrasound-induced thermal strain imaging (US-TSI)	D. N. Stephens et al.	2013	IEEE - Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
06	Front-end receiver electronics for a matrix transducer for 3-D transesophageal echocardiography	Z. Yu et al.	2012	IEEE - Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03
07	A miniaturized catheter 2-D array for real-time, 3-D intracardiac echocardiography	W. Lee; S.F. Idriss; P.D. Wolf; S.W. Smith	2004	IEEE - Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03
08	Real-time rectilinear volumetric imaging	J. T. Yen ; S. W. Smith	2000	IEEE - Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-03
09	An efficient Fourier method for 3-D radon inversion in exact cone-beam CT reconstruction	S. Schaller; T. Flohr; P. Steffen	1998	IEEE - Transactions on Medical Imaging	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-03
14	3-D Printed Biocompatible Micro-Bellows Membranes	K. Moussi and J. Kosel	2018	IEEE - Journal of Microelectromechanical Systems	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02
15	PaperCraft3D: Paper-Based 3D Modeling and Scene Fabrication	P. Paczkowski; J. Dorsey; M. H. Kim; Rushmeier;	2018	IEEE - Transactions on Visualization and Computer Graphics	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-03
17	Augmenting Computer-Aided Design Software With Multi-Functional Capabilities to Automate Multi-Process Additive Manufacturing	C. Bailey et al.	2017	IEEE - Access (Volume: 6)	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-04
18	Evaluation of 3D printed anatomically scalable transfemoral prosthetic knee	T. Ramakrishnan; M. Schlafly; K. B. Reed	2017	IEEE - 2017 International Conference on rehabilitation Robotics.	Rejeitado	CE1F-02
19	1D Printing of Recyclable Robots	D. Cellucci et al.	2017	IEEE - Robotics and Automation Letters	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
20	Monopole Antenna Radiation Pattern Control via 3-D-Printed Dielectrics	J. Wu; A. H. Abdelrahman ; M. Liang; X. Yu; H. Xin	2017	IEEE - Transactions on Antennas and Propagation	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
21	Three-Dimensional Printed Fluid-Filled Electrostatic Rotating Machine Designed with Conformal Mapping Methods	B. Ge; A. N. Ghule; D. C. Ludois	2017	IEEE - Transactions on Industry Applications	Rejeitado	CE1F-02

23	Side Channels of Cyber-Physical Systems: Case Study in Additive Manufacturing	S. Rokka Chhetri and M. A. Al Faruque	2017	IEEE - Design & Test	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02
24	A Novel Solar and Electromagnetic Energy Harvesting System With a 3-D Printed Package for Energy Efficient Internet-of-Things Wireless Sensors	J. Bito; R. Bahr; J. G. Hester; S. A. Nauroze; A. Georgiadis; M. M. Tentzeris	2017	IEEE - Microwave Theory and Techniques Society	Rejeitado	CE1F-02
25	Demonstration of RF and Microwave Passive Circuits Through 3-D Printing and Selective Metalization	J. A. Byford et al.	2017	IEEE - Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02
26	3-D-Printed Microwave and THz Devices Using Polymer Jetting Techniques	H. Xin ; M. Liang	2017	IEEE - Proceedings of the IEEE	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02
27	ElePhant - An anatomical Electronic Phantom as simulation-system for otologic surgery.	R. Grunert et al.	2006	IEEE - International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
29	A method for coronary bifurcation centerline reconstruction from angiographic images based on focalization optimization	E. Montin et al.	2016	IEEE - 2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02
30	Prescriptive Modeling and Compensation of In-Plane Shape Deformation for 3-D Printed Freeform Products	H. Luan and Q. Huang	2016	IEEE - Transactions on Automation Science and Engineering	Rejeitado	CE1F-02
31	Parabolic Equation Methods for Terahertz 3-D Synthetic Aperture Imaging	G. Kniffin and L. M. Zurk	2016	IEEE - Transactions on Terahertz Science and Technology	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02
32	Evaluation of Mobile Phone Performance for Near-Infrared Fluorescence Imaging	P. Ghassemi et al.	2017	IEEE - Transactions on Biomedical Engineering	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
33	SMART Foundry 2020	B. Ravi.	2016	IEEE - Potentials	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02
34	An Overview of 3-D Printing in Manufacturing, Aerospace, and Automotive Industries.	C. W. J. Lim; K. Q. Le; Q. Lu; C. H. Wong.	2016	IEEE - Potentials	Rejeitado	CE1F-01
35	Axial Cone-Beam Reconstruction by Weighted BPF/DBPF and Orthogonal Butterfly Filtering	S. Tang and X. Tang	2015	IEEE - Transactions on Biomedical Engineering	Rejeitado	CE1F-02
36	A scheduling method for IOT-aided packaging and printing manufacturing system	Wenxiang Li; Chun Chun Pi; Mei Han; Chong Ran; Wei Chen; Peng Ke	2015	IEEE - 2015 11th International Conference on Heterogeneous Networking for Quality, Reliability, Security and Robustness (QSHINE)	Rejeitado	CE1F-02
37	Design and Demonstration of Power Delivery Networks With Effective Resonance Suppression in Double-Sided 3-D Glass Interposer Packages	G. Kumar et al.	2015	IEEE - Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-03
39	3-D Printed Microwave Patch Antenna via Fused Deposition Method and Ultrasonic Wire Mesh Embedding Technique	M. Liang; C. Shemelya; E. MacDonald; R. Wicker; H. Xin.	2015	IEEE - Antennas and Wireless Propagation Letters	Rejeitado	CE1F-02

41	Origami-Inspired Printed Robots	C. D. Onal et al.	2014	IEEE - ASME Transactions on Mechatronics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02
42	Development of a stereolithography (STL) slicing and G-code generation algorithm for an entry level 3-D printer	A. C. Brown and D. de Beer	2013	IEEE - 2013 Africon	Rejeitado	CE1F-02
43	Low-Cost Thin Glass Interposers as a Superior Alternative to Silicon and Organic Interposers for Packaging of 3-D ICs	V. Sukumaran; T. Bandyopadhyay; V. Sundaram; R. Tummala.	2012	IEEE - Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology	Rejeitado	CE1F-02
44	Computer-assisted biofabrication: The challenges on manufacturing 3-D biological tissues for tissue and organ engineering	M. Nakamura; S. Iwanaga; K. Arai; H. Toda; G. Capi; T. Nikaido	2011	IEEE - 2011 Symposium on VLSI Technology - Digest of Technical Papers	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
45	Interactive 3D virtual environments for industrial operation training and maintenance	J. El-Chaar; C. R. Boer; P. Pedrazzoli; S. Mazzola; G. D. Maso	2011	IEEE - The Proceedings of 2011 9th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety	Rejeitado	CE1F-02
46	The ultrasound brain helmet: new transducers and volume registration for in vivo simultaneous multi-transducer 3-D transcranial imaging	B. D. Lindse; E. D. Light; H. A. Nicoletto; E. R. Bennett; D. T. Laskowitz; S. W. Smith.	2011	IEEE - Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-03
47	Metal-Transfer-Micromolded Three-Dimensional Microelectrode Arrays for in-vitro Brain-Slice Recordings	S. Rajaraman; S. O. Choi; M. A. McClain; J. D. Ross; M. C. LaPlaca; M. G. Allen.	2011	IEEE - Journal of Microelectromechanical Systems	Rejeitado	CE1F-02
48	Hybrid Associative Retrieval of Three-Dimensional Models	S. Zhang; H. S. Wong; Z. Yu; H. H. S. Ip	2010	IEEE - Systems, Man, and Cybernetics Society	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
49	Blue-Noise Multitone Dithering	J. B. Rodriguez; G. R. Arce; D. L. Lau.	2008	IEEE - IEEE Signal Processing Society	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03
50	Script-Independent Text Line Segmentation in Freestyle Handwritten Documents	Y. Li; Y. Zheng; D. Doermann; S. Jaeger	2088	IEE - IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence	Rejeitado	CE1F-02
51	Free-form fabrication and micro-CT characterization of poly-/splsiv/-caprolactone tissue scaffolds	A. L. Darling ; Wei Sun	2055	IEE - IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine	Rejeitado	CE1F-02
52	Tooth segmentation of dental study models using range images	T. Kondo ; S. H. Ong ; K. W. C. Foong	2004	IEEE - IEEE Transactions on Medical Imaging	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03
53	An interactive framework for acquiring vision models of 3-D objects from 2-D images	Y. Motai; A. Kak	1987	IEEE - Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-03
54	"Yours for improvement" - The adding machines of Chicago, 1884-1930	P. A. Kidwell	2001	IEEE - IEEE Annals of the History of Computing	Rejeitado	CE1F-02
55	Thermal modeling of high performance packages in portable computers	Ram Viswanath; I. A. Ali	1997	IEEE - Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology: Part A	Rejeitado	CE1F-02

56	Substrate impact on the thermal performance of tape automated bonding components	T. L. Davis	1990	IEEE - Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
57	Towards automatic indexing of product models in a CIM environment	U. Cugini; B. Falcidieno; P. Mussio; M. Protti	2002	IEEE - Workshop on Languages for Automation@m_Symbiotic and Intelligent Robotics	Rejeitado	CE1F-02
58	Computer-aided planning systems for integrated electronic and mechanical design	K. Feldmann ; J. Franke	1993	IEEE - Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02
00	Ankle-foot orthosis using elastomer-embedded flexible joint	I. Abe et al.	2017	IEEE - 2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)	Aceitado	
02	Using reverse engineering and rapid prototyping for patient specific orthoses	R. Kudelski ; P. Dudek ; M. Kulpa ; R. Rumin	2017	IEEE - 2017 XIIIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)	Aceitado	
10	Surface reconstruction from three-dimensional segmentations using implicit functions	M. Gamez Mora et al.	2015	IEEE - 2015 10th Computing Colombian Conference (10CCC)	Aceitado	
11	An information model for a CAM database to support flexible manufacture of printed circuit boards	P. T. Whelan	2017	IEEE - [1991 Proceedings] Eleventh IEEE/CHMT International Electronics Manufacturing Technology Symposium	Aceitado	
13	Design and optimization of a dielectric-gas-based single-phase electrostatic motor	N. Zhao; F. Lu; H. Zhang; C. Mi.	2018	IEEE - 2018 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)	Aceitado	
16	Design of a modular snake robot and control with Internet of Things	W. Zhu; X. Guo; Y. Fang.	2018	IEEE - 2017 Chinese Automation Congress (CAC)	Aceitado	
22	3-D Printed Air Substrates for the Design and Fabrication of RF Components	M. I. M. Ghazali; S.Karuppuswami; A. Kaur; P. Chahal	2017	IEEE - Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology	Aceitado	
28	Processing and 3D printing of Gradient Heterogeneous Bio-Model Based on Computer Tomography Images	Z. Li; J. Yang; Q. Wang; J. Shi; L. Zhu; R. Xu; K. Li and W. Tang	2016	IEEE - IEEE Access	Aceitado	
38	A Low-Cost Open-Source 3-D-Printed Three-Finger Gripper Platform for Research and Educational Purposes	K. Telegenov ; Y. Tlegenov ; A. Shintemirov	2015	IEEE - IEEE Access	Aceitado	
40	Individualized arm shells towards an ergonomic design of exoskeleton robots	S. M. F. Reimer; T. C. Lueth; L. T. D'Angelo	2014	IEEE - International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)	Aceitado	
61	Mechanical Analysis of a Customized Hand Orthosis Based on 3D Printing	Wu, Jiawei and Zhao, Cuilian and Liu, Yexiao and Ma, Shuangchi	2018	Lecture Notes in Electrical Engineering	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
71	Using reverse engineering and rapid prototyping for patient specific orthoses	Kudelski, Rafal and Dudek, Piotr and Kulpa, Mykola and Rumin,	2017	2017 13th International Conference Perspective Technologies and Methods in MEMS Design,	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04

		Rafal		MEMSTECH 2017 - Proceedings		
74	Dose-response effects of customised foot orthoses on lower limb kinematics and kinetics in pronated foot type	Telfer, Scott and Abbott, Mandy and Steultjens, Martijn P.M. and Woodburn, James	2013	Journal of Biomechanics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
76	Knee joint kinetics in response to multiple three-dimensional printed, customised foot orthoses for the treatment of medial compartment knee osteoarthritis	Allan, Richard et al.	2017	Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
87	Process Planning for the Fuse Deposition Modeling of Ankle-Foot-Orthoses	Jin, Yuan and He, Yong and Shih, Albert	2016	Procedia CIRP	Rejeitado	CE1F-03
88	3D-printing orthotic and prosthetic devices	Sirinterlikci, Arif and Swink, Isaac	2015	Manufacturing Engineering	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
89	Mechatronic design of PRH: A NEW 3D printed and anthropometric humanoid robotic platform	Zapata, Sergio and Mora, Ivan D. and Suarez, Gustavo	2018	2017 IEEE 3rd Colombian Conference on Automatic Control, CCAC 2017 - Conference Proceedings	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
92	Mesh segmentation with connecting parts for 3D object prototyping	Apaza-Aguero, Karl and Silva, Luciano and Bellon, Olga R. P.	2015	Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP	Rejeitado	CE1F-02
59	Ankle-foot orthosis made by 3D printing technique and automated design software	Cha, Yong Ho et al.	2017	Applied Bionics and Biomechanics	Aceitado	
60	Design for people affected by Duchenne muscular dystrophy. Proposal of a new type of Ankle Foot Orthosis [AFO] based on 3D indirect survey and 3D printing	Tursi, Alessandra and Mincolelli, Giuseppe	2016	Advances in Intelligent Systems and Computing	Aceitado	
62	Case study: Hybrid model for the customized wrist orthosis using 3D printing	Kim, Huhn and Jeong, Seongwon	2015	Journal of Mechanical Science and Technology	Aceitado	
63	Design and development of a customised knee positioning orthosis using low cost 3D printers	Santos, Sara and Soares, Bruno and Leite, Marco and Jacinto, Jorge	2017	Virtual and Physical Prototyping	Aceitado	
64	A Critical Analysis of a Hand Orthosis Reverse Engineering and 3D Printing Process	Baronio, Gabriele and Harran, Sami and Signoroni, Alberto	2016	Applied Bionics and Biomechanics	Aceitado	
65	Pilot study of the wrist orthosis design process	Palousek, David et al.	2014	Rapid Prototyping Journal	Aceitado	
66	Fabrication and stress analysis of ankle foot orthosis with additive manufacturing	Banga, Harish Kumar and Belokar, Rajendra M. and Kalra, Parveen and Kumar, Rajesh	2018	Rapid Prototyping Journal	Aceitado	
67	Design of a 3D printed lightweight orthotic device based on twisted and coiled polymer muscle: IGrab hand orthosis	Saharan, Lokesh et al.	2017	Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering	Aceitado	

68	Concept and design of a 3D printed support to assist hand scanning for the realization of customized orthosis	Baronio, Gabriele and Volonghi, Paola and Signoroni, Alberto	2017	Applied Bionics and Biomechanics	Aceitado	
69	3D printed custom orthotic device development: A student-driven Project	Krivoniak, April and Sirinterlikci, Arif	2017	ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings	Aceitado	
70	Manufacturing Choices for Ankle-Foot Orthoses: A Multi-objective Optimization	Total, Deema and Kovalenko, Ilya and Saez, Miguel and Barton, Kira	2017	Procedia CIRP	Aceitado	
79	Low cost digital fabrication approach for thumb orthoses	F. Vicente, et al.	2017	Rapid Prototyping Journal	Aceitado	
91	3D printed tooling for thermoforming of medical devices	Chimento, Jairo and Highsmith, M. Jason and Crane, Nathan	2011	Rapid Prototyping Journal	Aceitado	
94	Development of a customized wrist orthosis for flexion and extension treatment using reverse engineering and 3D printing	Moya Bencomo, M.D. et al.	2019	IFMBE Proceedings	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
98	Custom-Made Titanium 3-Dimensional Printed Interbody Cages for Treatment of Osteoporotic Fracture-Related Spinal Deformity	Siu, T.L. and Rogers, J.M. and Lin, K. and Thompson, R. and Owbridge, M.	2018	World Neurosurgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
100	Mechanical Analysis of a Customized Hand Orthosis Based on 3D Printing	Wu, J. and Zhao, C. and Liu, Y. and Ma, S.	2018	Lecture Notes in Electrical Engineering	Rejeitado	CE1F-01
101	Fabrication and stress analysis of ankle foot orthosis with additive manufacturing	Banga, H.K. and Belokar, R.M. and Kalra, P. and Kumar, R.	2018	Rapid Prototyping Journal	Rejeitado	CE1F-01
102	Multilevel 3D Printing Implant for Reconstructing Cervical Spine with Metastatic Papillary Thyroid Carcinoma'	Li, X. and Wang, Y. and Zhao, Y. and Liu, J. and Xiao, S. and Mao, K.	2017	Spine	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
104	A study of 3D printing for stroke patients specific ankle-foot orthoses	Liu, Z. and Zhang, P. and Rong, X.	2017	Chinese Journal of Rehabilitation Medicine	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
105	Virtually optimized insoles for offloading the diabetic foot: A randomized crossover study	Telfer, S. and Woodburn, J. and Collier, A. and Cavanagh, P.R.	2017	Journal of Biomechanics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
107	Using reverse engineering and rapid prototyping for patient specific orthoses	Kudelski, R. and Dudek, P. and Kulpa, M. and Rumin, R.	2017	2017 13th International Conference Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, MEMSTECH 2017 - Proceedings	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
111	Concept and design of a 3D printed support to assist hand scanning for the realization of customized orthosis	Baronio, G. and Volonghi, P. and Signoroni, A.	2017	Applied Bionics and Biomechanics	Rejeitado	CE1F-02
112	Customized 3D printed ankle-foot orthosis with adaptable carbon fibre composite spring joint	Walbran, M. and Turner, K. and McDaid, A.J.	2016	Cogent Engineering	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04

113	Design for people affected by Duchenne muscular dystrophy. Proposal of a new type of Ankle Foot Orthosis [AFO] based on 3D indirect survey and 3D printing	Tursi, A. and Mincoletti, G.	2016	Advances in Intelligent Systems and Computing	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
114	A Critical Analysis of a Hand Orthosis Reverse Engineering and 3D Printing Process	Baronio, G. and Harran, S. and Signoroni, A.	2016	Applied Bionics and Biomechanics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
115	Application of three-dimensional printing technology in spinal surgery	Pang, J.-Y. and Zhao, Y. and Xiao, Y.-L. and Xin, D.-Q.	2016	Chinese Journal of Tissue Engineering Research	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
118	Dose-response effects of customised foot orthoses on lower limb muscle activity and plantar pressures in pronated foot type	Telfer, S. and Abbott, M. and Steultjens, M. and Rafferty, D. and Woodburn, J.	2013	Gait and Posture	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
119	Dose-response effects of customised foot orthoses on lower limb kinematics and kinetics in pronated foot type	Telfer, S. and Abbott, M. and Steultjens, M.P.M. and Woodburn, J.	2013	Journal of Biomechanics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
120	Embracing additive manufacture: Implications for foot and ankle orthosis design	Telfer, S. et al..	2012	BMC Musculoskeletal Disorders	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
127	Laser additive manufacturing of 3D meshes for optical applications	Essa, K. and Sabouri, A. and Butt, H. and Basuny, F.H. and Ghazy, M. and El-Sayed, M.A.	2018	PLoS ONE	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
131	Computer-assisted planning and 3D printing-assisted modeling for chin augmentation	Chang, P.-C.	2018	Aesthetic Surgery Journal	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
134	The Development of Skull Prosthesis Through Active Contour Model	Chen, Y.-W. and Shih, C.-T. and Cheng, C.-Y. and Lin, Y.-C.	2017	Journal of Medical Systems	Rejeitado	CE1F-03
135	Research progress of three-dimensional printing technique in foot and ankle surgery	Wei, D. and Li, C. and Xu, Y.	2017	Zhongguo xiu fu chong jian wai ke za zhi = Zhongguo xiu fu chongjian waik e zazhi = Chinese journal of reparative and reconstructive surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
136	3D printing and modelling of customized implants and surgical guides for non-human primates	Chen, X. et al..	2017	Journal of Neuroscience Methods	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
139	Metallic powder-bed based 3D printing of cellular scaffolds for orthopaedic implants: A state-of-the-art review on manufacturing, topological design, mechanical properties and biocompatibility	Tan, X.P. and Tan, Y.J. and Chow, C.S.L. and Tor, S.B. and Yeong, W.Y.	2017	Materials Science and Engineering C	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
141	Additively manufactured sub-periosteal jaw implants	Mommaerts, M.Y.	2017	International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
143	The Emerging Role of 3-Dimensional Printing in Rhinology	Stokken, J.K. and Pallanch, J.F.	2017	Otolaryngologic Clinics of North America	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04

145	Pursuing Mirror Image Reconstruction in Unilateral Microtia: Customizing Auricular Framework by Application of Three-Dimensional Imaging and Three-Dimensional Printing	Chen, H.-Y. and Ng, L.-S. and Chang, C.-S. and Lu, T.-C. and Chen, N.-H. and Chen, Z.-C.	2017	Plastic and Reconstructive Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
147	Products: Designing products for chronic health	Paterson, A. and Bibb, R. and Downey, K. and Pallari, J.	2017	Design for Health	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
148	Medical 3-D printing	Furlow, B.	2017	Radiologic Technology	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
149	New application of three-dimensional printing biomaterial in nasal reconstruction	Park, S.H. et al.	2017	Laryngoscope	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
150	Finite element model-based evaluation of tissue stress variations to fabricate corrective orthosis in feet with neutral subtalar joint	Paul, S. and Vijayakumar, R. and Mathew, L. and Sivarasu, S.	2017	Prosthetics and Orthotics International	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
151	Functional Chest Wall Reconstruction With a Biomechanical Three-Dimensionally Printed Implant	Moradiellos, J. and Amor, S. and Cárdena, M. and Rocco, G. and Vidal, M. and Varela, A.	2017	Annals of Thoracic Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
152	Auricular epithesis	Manestar, D. et al.	2017	Laryngoscope	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
153	Interactive reconstructions of cranial 3D implants under MeVisLab as an alternative to commercial planning software	Egger, J. et al.	2017	PLoS ONE	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
154	Nanocellulose and its composites for biomedical applications	Dumanli, A.G.	2017	Current Medicinal Chemistry	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
155	Reconstruction with 3D-printed pelvic endoprotheses after resection of a pelvic tumour	Liang, H. and Ji, T. and Zhang, Y. and Wang, Y. and Guo, W.	2017	Bone and Joint Journal	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
162	OptoZIF Drive: A 3D printed implant and assembly tool package for neural recording and optical stimulation in freely moving mice	Freedman, D.S.; Schroeder, J.B.; Telian, G.I.; Zhang, Z.; Sunil, S. and Ritt, J.T.	2016	Journal of Neural Engineering	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
163	Computer-aided planning and reconstruction of cranial 3D implants	Gall, M. and Li, X. and Chen, X. and Schmalstieg, D. and Egger, J.	2016	Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
164	Three-dimensional printing in orthopaedic surgery: review of current and future applications	Mulford, J.S. and Babazadeh, S. and Mackay, N.	2016	ANZ journal of surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
166	Combinatorial design of textured mechanical metamaterials	Coulais, C. and Teomy, E. and De Reus, K. and Shokef, Y. and Van Hecke, M.	2016	Nature	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04

167	Demineralized bone matrix fibers formable as general and custom 3D printed mold-based implants for promoting bone regeneration	Rodriguez, R.U. et al.	2016	Biofabrication	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
168	Design and fabrication of 3D-printed anatomically shaped lumbar cage for intervertebral disc (IVD) degeneration treatment	Serra, T. Et al.	2016	Biofabrication	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
169	Radiology's Emerging Role in 3-D Printing Applications in Health Care	Trace, A.P. et al.	2016	Journal of the American College of Radiology	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
170	Three-dimensional printing titanium ribs for complex reconstruction after extensive posterolateral chest wall resection in lung cancer	Wang, L. and Cao, T. and Li, X. and Huang, L.	2016	Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
171	Three-dimensional printing and the surgeon	De Mel, A.	2016	British Journal of Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
172	The feasibility of producing patient-specific acrylic cranioplasty implants with a low-cost 3D printer	Tan, E.T.W. and Ling, J.M. and Dinesh, S.K.	2016	Journal of Neurosurgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
173	Midface prosthetic rehabilitation	Vander Poorten, V. and Meulemans, J. and Delaere, P.	2016	Current Opinion in Otolaryngology and Head and Neck Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
174	Developing an ear prosthesis fabricated in polyvinylidene fluoride by a 3D printer with sensory intrinsic properties of pressure and temperature	Suaste Gomez, et al.	2016	Sensors (Switzerland)	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
175	Plastic Surgery Applications Using Three-Dimensional Planning and Computer-Assisted Design and Manufacturing	Pfaff, M.J. and Steinbacher, D.M.	2016	Plastic and Reconstructive Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
176	Three-dimensional printing: Basic principles and applications in medicine and radiology	Kim, G.B. et al..	2016	Korean Journal of Radiology	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
177	Laser and electron-beam powder-bed additive manufacturing of metallic implants: A review on processes, materials and designs	Sing, S.L. and An, J. and Yeong, W.Y. and Wiria, F.E.	2016	Journal of Orthopaedic Research	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
179	Applications of patient-specific 3D printing in medicine [Patientenspezifische anwendungen von 3-D-druck in der medizin]	Heller, M. et al.	2016	International Journal of Computerized Dentistry	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
181	Patient-specific orbital implants: Development and implementation of technology for more accurate orbital reconstruction	Podolsky, D.J. and Mainprize, J.G. and Edwards, G.P. and Antonyshyn, O.M.	2016	Journal of Craniofacial Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
182	Three-dimensional printing of reduction template in the contouring of craniofacial fibrous dysplasia	Wang, R. and Li, G. and Liu, C. and Jia, C. and Han, Y.	2016	Journal of Craniofacial Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
184	Three-Dimensional (3-D) Printing: A Cost-Effective Solution for Improving Global Accessibility to Prostheses	Silva, K. et al.	2015	PM and R	Rejeitado	CE1F-02

185	Patient-Specific 3-Dimensional Printed Titanium Truss Cage With Tibiotalocalcaneal Arthrodesis for Salvage of Persistent Distal Tibia Nonunion	Hsu, A.R. and Ellington, J.K.	2015	Foot and Ankle Specialist	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
186	Lightweight custom composite prosthetic components using an additive manufacturing-based molding technique	Leddy, M.T. and Belter, J.T. and Gemmell, K.D. and Dollar, A.M.	2015	Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
187	Application of precision medicine in the field of surgery	Deng, A. and Xiong, R. and Zeng, C.	2015	Nan fang yi ke da xue xue bao = Journal of Southern Medical University	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-03
188	A 3D bioprinting exemplar of the consequences of the regulatory requirements on customized processes	Hourd, P. and Medcalf, N. and Segal, J. and Williams, D.J.	2015	Regenerative Medicine	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
189	Three-Dimensional Printed Prosthesis for Repair of Superior Canal Dehiscence	Kozin, E.D. and Remenschneider, A.K. and Cheng, S. and Nakajima, H.H. and Lee, D.J.	2015	Otolaryngology - Head and Neck Surgery (United States)	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
190	Custom-made titanium devices as membranes for bone augmentation in implant treatment: Modeling accuracy of titanium products constructed with selective laser melting	Otawa, N. Et al..	2015	Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
191	The recent revolution in the design and manufacture of cranial implants: Modern advancements and future directions	Bonda, D.J. and Manjila, S. and Selman, W.R. and Dean, D.	2015	Neurosurgery	Rejeitado	CE1F-02
193	Developing a parametric ear model for auricular reconstruction: A new step towards patient-specific implants	Bos, E.J. et al.	2015	Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
195	Three-dimensional printing in orthopedic surgery	Eltorai, A.E.M. and Nguyen, E. and Daniels, A.H.	2015	Orthopedics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
196	Surgical applications of 3-dimensional printing and precisionmedicine	Hwang, T.J. and Charlottekiang and Paul, M.	2015	JAMA Otolaryngology - Head and Neck Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
197	One-step reconstruction with a 3D-printed, biomechanically evaluated custom implant after complex pelvic tumor resection	Wong, K.C. and Kumta, S.M. and Gee, N.V.L. and Demol, J.	2015	Computer Aided Surgery	Rejeitado	CE1F-02
198	Classification of computer-aided design-computer-aided manufacturing applications for the reconstruction of cranio-maxillo-facial defects	Wauters, L.D.J. and Miguel-Moragas, J.S. and Mommaerts, M.Y.	2015	Journal of Craniofacial Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
199	Making it stick: the role of structural design in implantable technologies	Lee, W. and Leask, R.L. and Moraes, C.	2015	Integrative Biology (United Kingdom)	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
200	Patient-specific implant in prosthetic craniofacial reconstruction: First report of a novel technique with far-reaching perspective	Toso, S.M. and Menzel, K. and Motzkus, Y. and Adolphs, N. and Hoffmeister, B. and Raguse, J.-D.	2015	Journal of Craniofacial Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04

201	Improved Construction of Auricular Prosthesis by Digital Technologies	Nuseir, A. et al.	2015	Journal of Craniofacial Surgery	Rejeitado	CE1F-02
202	Fabrication of Ti/HA composite and functionally graded implant by three-dimensional printing	Qian, C. and Zhang, F. and Sun, J.	2015	Bio-Medical Materials and Engineering	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
203	Cranial reconstruction: 3D biomodel and custom-built implant created using additive manufacturing	Jardini, A.L. et al.	2014	Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
204	Fabrication of low cost soft tissue prostheses with the desktop 3D printer	He, Y. and Xue, G.-H. and Fu, J.-Z.	2014	Scientific Reports	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
205	Physical and mechanical characterisation of 3D-printed porous titanium for biomedical applications	El-Hajje, A. et al.	2014	Journal of Materials Science: Materials in Medicine	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
207	3-D printing makes its way to veterinary medicine	Larkin, M.	2014	Journal of the American Veterinary Medical Association	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
209	Tridimensional trunk surface acquisition for brace manufacturing in idiopathic scoliosis	Raux, S. and Kohler, R. and Garin, C. and Cunin, V. and Abelin-Genevois, K.	2014	European Spine Journal	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
210	Application of three-dimensional printing technique in orthopaedics.	Luo, Q. and Lau, T.W. and Fang, X. and Leung, F.	2014	Chinese journal of reparative and reconstructive surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
212	Application of a 3D printed customized implant for canine cruciate ligament treatment by tibial tuberosity advancement	Castilho, M. Et al.	2014	Biofabrication	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
213	Fabrication and in vivo implantation of ligament-bone composite scaffolds based on three-dimensional printing technique.	Zhang, W. And He, J. And Li, X. And Liu, Y. And Bian, W. And Li, D. And Jin, Z.	2014	Chinese journal of reparative and reconstructive surgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
214	Complete integration of technology for improved reproduction of auricular prostheses	Watson, J. and Hatamleh, M.M.	2014	Journal of Prosthetic Dentistry	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
216	Reverse engineering of mandible and prosthetic framework: Effect of titanium implants in conjunction with titanium milled full arch bridge prostheses on the biomechanics of the mandible	De Santis, R. et al.	2014	Journal of Biomechanics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
217	A study on the mechanical characteristics of the EBM-printed Ti-6Al-4V LCP plates in vitro	Liu, P.C. et al.	2014	Journal of orthopaedic surgery and research	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
218	Application of 3-dimensional printing in hand surgery for production of a novel bone reduction clamp	Fuller, S.M. and Butz, D.R. and Vevang, C.B. and Makhoulouf, M.V.	2014	Journal of Hand Surgery	Rejeitado	CE1F-02

221	Overview of current additive manufacturing technologies and selected applications	Horn, T.J. and Harrysson, O.L.A.	2012	Science Progress	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
224	A preliminary study on the cavity forming of the facial prostheses based on three dimensional printing	Sun, J. and Zhang, F.	2010	Zhonghua kou qiang yi xue za zhi = Zhonghua kouqiang yixue zazhi = Chinese journal of stomatology	Rejeitado	CE1F-02
99	Design of a 3D-printed, open-source wrist-driven orthosis for individuals with spinal cord injury	Portnova, A.A.et al.	2018	PLoS ONE	Aceitado	
103	Design and development of a customised knee positioning orthosis using low cost 3D printers	Santos, S. and Soares, B. and Leite, M. and Jacinto, J.	2017	Virtual and Physical Prototyping	Aceitado	
106	3D printed custom orthotic device development: A student-driven project	Krivoniak, A. and Sirinterlikci, A	2017	ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings	Aceitado	
108	Ankle-foot orthosis made by 3D printing technique and automated design software	Cha, Y.H. and Lee, K.H. and Ryu, H.J. and Joo, I.W. and Seo, A. and Kim, D.-H. and Kim, S.J.	2017	Applied Bionics and Biomechanics	Aceitado	
109	Design of a 3D printed lightweight orthotic device based on twisted and coiled polymer muscle: IGrab hand orthosis	Saharan, L. and Sharma, A. and De Andrade, M.J. and Baughman, R.H. and Tadesse, Y.	2017	Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering	Aceitado	
110	Design and rapid manufacturing of a customized foot orthosis: A first methodological study	Fantini, M. and De Crescenzo, F. and Brognara, L. and Baldini, N.	2017	Lecture Notes in Mechanical Engineering	Aceitado	
116	The use of a low cost 3D scanning and printing tool in the manufacture of custom-made foot orthoses: A preliminary study	Dombroski, C.E. and Balsdon, M.E.R. and Froats, A.	2014	BMC Research Notes	Aceitado	
117	Pilot study of the wrist orthosis design process	Palousek, D. and Rosicky, J. and Koutny, D. and StoklÁsek, P. and Navrat, T.	2014	Rapid Prototyping Journal	Aceitado	
140	One-step reconstruction with a 3D-printed, custom-made prosthesis after total en bloc sacrectomy: a technical note	Wei, R. and Guo, W. and Ji, T. and Zhang, Y. and Liang, H.	2017	European Spine Journal	Aceitado	
194	Manufacturing a human heel in titanium via 3D printing	Barnes, J.E.	2015	The Medical journal of Australia	Aceitado	
225	From earth to heaven: How professional 3D Printing and Windform® GT material helped in the construction of drone and medical devices	Veronica Negrelli	2017	Reinforced Plastics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
226	Materials for Exoskeletal Orthotic and Prosthetic Systems	Man Sang Wong and Babak Hassan Beygi and Yu Zheng	2018	Reference Module in Biomedical Sciences	Rejeitado	CE1F-02

228	Experimental characterization and micrography of 3D printed PLA and PLA reinforced with short carbon fibers	Rafael Thiago Luiz Ferreira and Igor Cardoso Amatte and Thiago Assis Dutra and Daniel BÄ¼rger	2017	Composites Part B: Engineering	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
229	Towards compliant and wearable robotic orthoses: A review of current and emerging actuator technologies	Allan Joshua Veale and Shane Quan Xie	2016	Medical Engineering & Physics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
230	Process Planning for the Fuse Deposition Modeling of Ankle-Foot-Othoses	Yuan Jin and Yong He and Albert Shih	2016	Procedia CIRP	Rejeitado	CE1F-03
231	The fastest field sport in the world: A case report on 3-dimensional printed hurling gloves to help prevent injury	Daniel Harte and Abby Paterson	2017	Journal of Hand Therapy	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03
232	Impact of ankle foot orthosis stiffness on Achilles tendon and gastrocnemius function during unimpaired gait	Hwan Choi and Keshia M. Peters and Michael B. MacConnell and Katie K. Ly and Eric S. Eckert and Katherine M. Steele	2017	Journal of Biomechanics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
233	Shape memory behavior and recovery force of 4D printed textile functional composites	Wei Zhang et al.	2018	Composites Science and Technology	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
235	A human-centered design optimization approach for robotic exoskeletons through biomechanical simulation	Lelai Zhou and Yibin Li and Shaoping Bai	2017	Robotics and Autonomous Systems	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-03
236	Additive manufacturing of custom orthoses and prosthesesâ€”A review	Roland K. Chen and Yu-an Jin and Jeffrey Wensman and Albert Shih	2016	Additive Manufacturing	Rejeitado	CE1F-02
238	Orthoses and Exoprostheses for Companion Animals	Denis J. Marcellin-Little and Marti G. Drum and David Levine and Susan S. McDonald	2015	Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
239	Towards a CAD-based automatic procedure for patient specific cutting guides to assist sternal osteotomies in pectus arcuatum surgical correction	Monica Carfagni et al.	2018	Journal of Computational Design and Engineering	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
240	Doseâ€”response effects of customised foot orthoses on lower limb muscle activity and plantar pressures in pronated foot type	Scott Telfer and Mandy Abbott and Martijn Steultjens and Daniel Rafferty and James Woodburn	2013	Gait & Posture	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04

244	Innovations With 3-Dimensional Printing in Physical Medicine and Rehabilitation: A Review of the Literature	Christopher Lunsford and Garrett Grindle and Benjamin Salatin and Brad E. Dicianno	2016	PM&R	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
245	Three Dimensional Printing of Stiffness-tuned, Nitinol Skeletal Fixation Hardware with an Example of Mandibular Segmental Defect Repair	Narges Shayesteh Moghaddam and Roman Skoracki and Michael Miller and Mohammad Elahinia and David Dean	2016	Procedia CIRP	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
246	The Use of Dynamic Systems Based on Shape Memory Alloys for the Treatment of Neuromuscular Disorders	Simone Pittaccio and Lorenzo Garavaglia and Carlo Ceriotti and Francesca Passaretti	2015	IFAC-PapersOnLine	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
247	A novel kinematic architecture for portable hand exoskeletons	R. Conti and E. Meli and A. Ridolfi	2016	Mechatronics	Rejeitado	CE1F-03
248	13 - Upper Limb Orthoses for the Stroke- and Brain-Injured Patient	Christopher C. Duncan and Steven R. Edgley	2019	Atlas of Orthoses and Assistive Devices (Fifth Edition)	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
249	Fast and Low Cost Acquisition and Reconstruction System for Human Hand-wrist-arm Anatomy	Monica Carfagni et al.	2017	Procedia Manufacturing	Rejeitado	CE1F-04
250	Application of 3D-printed Orthotic and Prosthetic Device for Post-burn Patients	Cheonghoon Seo	2017	Archives of Physical Medicine and Rehabilitation	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
251	Reconfigurable and transportable container-integrated production system	Raphael Adamietz et al.	2018	Robotics and Computer-Integrated Manufacturing	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
252	2 - Materials Science	Thomas R. Lunsford and Bill Contoyannis	2019	Atlas of Orthoses and Assistive Devices (Fifth Edition)	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
255	Measurement of functional heel pad behaviour in-shoe during gait using orthotic embedded ultrasonography	Scott Telfer and James Woodburn and Deborah E. Turner	2014	Gait & Posture	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
256	Anatomy and Disorders of the Beak and Oral Cavity of Birds	Brian Speer and Lauren Virginia Powers	2016	Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
257	Applications	Andreas Gebhardt	2011	Understanding Additive Manufacturing	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
258	Foot orthotics for low back pain: The state of our understanding and recommendations for future research	M. Owen Papuga and Jerrilyn Cambron	2016	The Foot	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
259	Comparison of Commonly Used Sail Cloths through Photogrammetric Acquisitions, Experimental Tests and Numerical Aerodynamic Simulations	Michele Cal and Salvatore Massimo Oliveri and Antonio Gloria and Massimo Martorelli and Domenico Speranza	2017	Procedia Manufacturing	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04

260	Personalized foot orthoses with embedded temperature sensing: Proof of concept and relationship with activity	Scott Telfer and Javier Munguia and Jari Pallari and Kenneth Dalgarno and Martijn Steultjens and James Woodburn	2014	Medical Engineering & Physics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
261	Automatic Features Recognition for Anthropometry	L. Di Angelo and P. Di Stefano and C. Pane	2017	Procedia Manufacturing	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
262	5 - Case Studies	Richard Bibb and Dominic Eggbeer and Abby Paterson	2015	Medical Modelling (Second Edition)	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
263	Cognition from the bottom up: on biological inspiration, body morphology, and soft materials	Rolf Pfeifer and Fumiya Iida and Max Lungarella	2014	Trends in Cognitive Sciences	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
264	Chapitre 54 - Orthèses plantaires: types et validités	P.-A. Deleu and K. Deschamps and V. Gombault and Th. Leemrijse	2015	Pathologie du pied et de la cheville	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
266	Material extrusion of plant biopolymers: Opportunities & challenges for 3D printing	Laurent Chaunier et al.	2018	Additive Manufacturing	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
277	Dose-response effects of customised foot orthoses on lower limb kinematics and kinetics in pronated foot type	Scott Telfer and Mandy Abbott and Martijn P.M. Steultjens and James Woodburn	2013	Journal of Biomechanics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
279	Utilization of 3-D Printing in Treatment of Veterans with Impaired Hand Function: Applications for Custom Orthotics	M. Matthews-Brownell and J.A. Hall	2018	Journal of Hand Therapy	Rejeitado	CE1F-02
290	Design for Additive Manufacturing: Trends, opportunities, considerations, and constraints	Mary Kathryn Thompson et al.	2016	CIRP Annals	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
294	Additive Manufacturing Design and Strategies	Andreas Gebhardt	2011	Understanding Additive Manufacturing	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
295	Poster 484 3D Printed Orthotic Designed for Klippel-Feil Syndrome Affected Hypoplastic Thumb: A Case Report	Brian W. Lee et al.	2016	PM&R	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
297	Chapter 7 - Legged Robots with Bioinspired Morphology	Ioannis Poulakakis et al.	2017	Bioinspired Legged Locomotion	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
299	From racetrack to orbit, an additive revolution	Francesca Cuoghi	2016	Reinforced Plastics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
303	Evaluation of carbon fiber-embedded 3D printed structures for strengthening and structural-health monitoring	Xinhua Yao et al.	2017	Materials & Design	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
304	Chapter Six - Soft Wearable Robotics Technologies for Body Motion Sensing	Y.-L. Park 2017	2017	Human Modelling for Bio-Inspired Robotics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04

305	Chapter 14 - Rapid Prototyping	Kuang-Hua Chang	2015	e-Design	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
306	Gravity balanced compliant shell mechanisms	G. Radaelli and J.L. Herder	2017	International Journal of Solids and Structures	Rejeitado	CE1F-02
307	Autologous bone is inferior to alloplastic cranioplasties Safety of autograft and allograft materials for cranioplasties, a systematic review	Sophie E.C.M. et al.	2018	World Neurosurgery	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
308	7 - LS Parts	Manfred Schmid	2018	Laser Sintering with Plastics	Rejeitado	CE1F-02
309	Chapter 5 - Rapid Prototyping	Kuang-Hua Chang	2013	Product Manufacturing and Cost Estimating Using Cad/Cae	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-04
312	4 - Physical reproduction	Richard Bibb and Dominic Eggbeer and Abby Paterson	2015	Medical Modelling (Second Edition)	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
313	12 - Three-dimensional fabrics as medical textiles	S. Eriksson and L. Sandsjö	2015	Advances in 3D Textiles	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
314	10.11 - Laser-Assisted Additive Manufacturing for Metallic Biomedical Scaffolds	S.H. Riza and S.H. Masood and C. Wen	2014	Comprehensive Materials Processing	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-03 CE1F-04
315	6 - Case studies	Richard Bibb	2006	Medical Modelling	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-03
227	3 - Principles of Fabrication	Terry J. Supan	2019	Atlas of Orthoses and Assistive Devices (Fifth Edition)	Aceitado	
234	Optimization of StepLock® Orthotic Knee Joint Design	Omar Castiblanco and Iqbal Shareef	2017	Procedia Manufacturing	Aceitado	
237	Additive Manufacturing of Custom Orthoses and Prostheses – A Review	Yu-an Jin and Jeff Plott and Roland Chen and Jeffrey Wensman and Albert Shih	2015	Procedia CIRP	Aceitado	
284	The Design and Manufacture of a Prototype Personalized Liner for Lower Limb Amputees	Vimal Dhokia and James Bilzon and Elena Seminati and David Canepa Talamas and Matthew Young and William Mitchell	2017	Procedia CIRP	Aceitado	
286	Voxel-based fabrication through material property mapping: A design method for bitmap printing	E.L. Doubrovski and E.Y. Tsai and D. Dikovskiy and J.M.P. Geraedts and H. Herr and N. Oxman	2015	Computer-Aided Design	Aceitado	
318	Feasibility study applying a parametric model as the design generator for 3D-printed orthosis for fracture immobilization.PG - 1	Li J ; Tanaka H	2018	3D printing in medicine	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02 CE1F-03 CE1F-04
319	Design of a 3D-printed, open-source wrist-driven orthosis for individuals with spinal cord injury.PG - e0193106	Portnova A.A Et al.	2018	PloS one	Rejeitado	CE1F-03

320	Custom-Made Titanium 3-Dimensional Printed Interbody Cages for Treatment of Osteoporotic Fracture-Related Spinal Deformity.PG - 1-5	Siu TL ; Rogers JM ; Lin K ; Thompson R ; Owbridge M	2018	World neurosurgery	Rejeitado	CE1F-01
323	Virtually optimized insoles for offloading the diabetic foot: A randomized crossover study.PG - 157-161	Telfer S ; Woodburn J ; Collier A ; Cavanagh PR	2017		Rejeitado	CE1F-01 CE1F-02
324	Knee joint kinetics in response to multiple three-dimensional printed, customised foot orthoses for the treatment of medial compartment knee osteoarthritis.PG - 487-498	Allan R ; Woodburn J ; Telfer S ; Abbott M ; Steultjens MP	2017	Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part H, Journal of	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
325	Multilevel 3D Printing Implant for Reconstructing Cervical Spine With Metastatic Papillary Thyroid Carcinoma.PG - E1326-E1330	Li X ; Wang Y ; Zhao Y ; Liu J ; Xiao S ; Mao K	2017	Spine	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
327	Finite element model-based evaluation of tissue stress variations to fabricate corrective orthosis in feet with neutral subtalar joint.PG - 157-163	Paul S ; Vijayakumar R ; Mathew L ; Sivarasu S	2017	Prosthetics and orthotics international	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
328	Digital design and fabrication of simulation model for measuring orthodontic force.PG - 2265-71	Liu YF ; Zhang PY ; Zhang QF ; Zhang JX ; Chen J	2014	Bio-medical materials and engineering	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-04
329	Application of 3-dimensional printing in hand surgery for production of a novel bone reduction clamp.PG - 1840-5	Fuller SM ; Butz DR ; Vevang CB ; Makhoulouf MV	2014	The Journal of hand surgery	Rejeitado	CE1F-02
331	Tridimensional trunk surface acquisition for brace manufacturing in idiopathic scoliosis.PG - S419-23	Raux S ; Kohler R ; Garin C ; Cunin V ; Abelin-Genevois K	2014	European spine journal : official publication of the European Spine Society, the	Rejeitado	CE1F-02 CE1F-03
332	Dose-response effects of customised foot orthoses on lower limb kinematics and kinetics in pronated foot type.PG - 1489-95	Telfer S ; Abbott M ; Steultjens MP ; Woodburn J	2013	Journal of biomechanics	Rejeitado	CE1F-01 CE1F-04
317	[Research progress of three-dimensional printing technique in foot and ankle surgery].PG - 880-884	Wei D ; Li C ; Xu Y	2017	Zhongguo xiu fu chong jian wai ke za zhi = Zhongguo xiufu chongjian waikexue zazhi =	Aceitado	
321	Concept and Design of a 3D Printed Support to Assist Hand Scanning for the Realization of Customized Orthosis.PG - 8171520	Baronio G ; Volonghi P ; Signoroni A	2017	Applied bionics and biomechanics	Aceitado	
322	Ankle-Foot Orthosis Made by 3D Printing Technique and Automated Design Software.PG - 9610468	Cha YH ; Lee KH ; Ryu HJ ; Joo IW ; Seo A ; Kim DH ; Kim SJ	2017	Applied bionics and biomechanics	Aceitado	
326	A Critical Analysis of a Hand Orthosis Reverse Engineering and 3D Printing Process.PG - 8347478	Baronio G ; Harran S ; Signoroni A	2016	Applied bionics and biomechanics	Aceitado	
330	The use of a low cost 3D scanning and printing tool in the manufacture of custom-made foot orthoses: a preliminary study.PG - 443	Dombroski CE ; Balsdon ME ; Froats A	2014	BMC research notes	Aceitado	

APÊNDICE E – PROTOCOLO COLETA DE DADOS ANTROPOMÉTRICOS



PROTOCOLO COLETA DE DADOS

Autor: Ms, Diogo Pontes Costa.

APRESENTAÇÃO

Este protocolo é fruto de uma etapa da pesquisa desenvolvida pelo autor, realizado no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção de título de Mestre em Ciência e Tecnologia em Saúde. A pesquisa correu durante os anos de 2018/2019, e, intitulada de "ELABORAÇÃO DE PROTOCOLO PARA CONFEÇÃO DE DISPOSITIVO CORRETIVO OCULAR CUSTOMIZADO IMPRESSO 3D PARA CRIANÇAS ACOMETIDAS COM MICROCEFALIA"

O Presente documento tem por objetivo o desenvolvimento de um protocolo para coleta das medidas antropométricas da cabeça de um indivíduo com malformação congênita, seja a micro ou macrocefalia. Para que, posteriormente, esses dados sejam catalogados e um humanoide tridimensional virtual, utilizando softwares de Desenho Assistido por Computador (CAD), seja desenvolvido utilizando as medidas levantadas.

O Protocolo em questão, consiste em cinco passos: **PREPARAR** os recursos necessários para coleta; **IDENTIFICAR** as características do usuário e seu responsável; **ORGANIZAR** o ambiente para uma mensuração sem problemas e riscos; **MENSURAR** as medidas através dos materiais listados e registrar imagens fotográficas; e, **FINALIZAR** o processo com o recolhimento dos materiais e catalogação dos dados.

OBJETIVO

Desenvolver um Protocolo para Coleta das medidas Antropométricas da cabeça de Indivíduos com malformação congênita.

CONTEÚDO

CONTEÚDO

01. IDENTIFICAÇÃO	03
02. PREPARAR	04
04. IDENTIFICAR	05
05. ORGANIZAR	06
06. MENSURAR	07
07. FINALIZAR	10

CONTEÚDO

01. IDENTIFICAÇÃO DA COLETA

RESPONSÁVEL PELA PESQUISA: _____
LOCAL: _____
AMBIENTE DE COLETA: _____
DATA: ____/____/____. HORÁRIO: _____
RESPONSÁVEL DO USUÁRIO: _____
SEXO: _____ IDADE: _____



ORGANIZAÇÃO DA COLETA

☐ ORGANIZAÇÃO DO AMBIENTE:

☐ ORGANIZAÇÃO DOS MATERIAIS:

☐ CALIBRAÇÃO DOS MATERIAIS:

☐ ORGANIZAÇÃO DOS TERMOS:

☐ REGISTRO FOTOGRÁFICO:

☐ CONTATO COM USUÁRIOS:

☐ CONFIRMAR O TRÂSLADO:

☐ OUTRAS ATIVIDADES:

■ OBSERVAÇÕES:

02. PREPARAR

- Preparar todos os equipamentos e materiais necessários para coleta;
- Testar os equipamentos eletrônicos;
- Check as baterias dos equipamentos eletrônicos;
- Confirmar os equipamentos da mensuração.

- ☐ TRENA ANTROPOMÉTRICA
- ☐ BASE QUADRICULADA / ADESIVO DE FIXAÇÃO DUPLA FACE
- ☐ PAQUÍMETRO DIGITAL
- ☐ MATERIAL PARA HIGIENIZAÇÃO
- ☐ TERMOS DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO (TCLE)
- ☐ TRIPÉ RETRÁTIL PARA CÂMERA
- ☐ CÂMERA FOTOGRÁFICA
- ☐ CARREGADOR DE BATERIA
- ☐ BATERIA RESERVA
- ☐ CANETA ESFEROGRÁFICA
- ☐ PRANCHETAS
- ☐ PAPÉIS PARA ANOTAÇÃO DOS REGISTROS
- ☐ GUIA PARA COLETA
- ☐ OUTROS _____

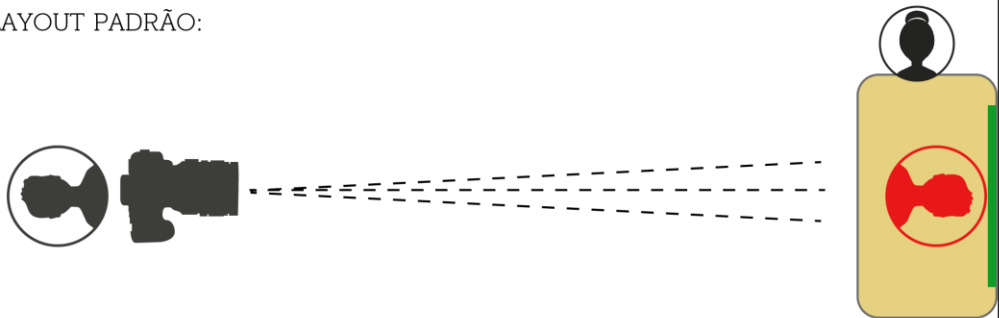
■ **OBSERVAÇÕES:** _____

04. ORGANIZAR

- Preparar o ambiente para coleta dos dados.
- Usuário: Indivíduo que terá medidas coletadas;
- Responsável 01: Profissional responsável pela coleta;
- Responsável 02: Responsável pelo usuário.

- ☐ POSICIONAR A BANCADA PARA REGISTRO FOTOGRÁFICO
- ☐ FIXAR A BASE NA PAREDE COM ADESIVO DUPLA FACE
- ☐ AJUSTAR A LUZ DO AMBIENTE
- ☐ POSICIONAR O TRIPÊ RETRÁTIL PARA CÂMERA
- ☐ AJUSTAR E FIXAR A CÂMERA NO TRIPÊ
- ☐ POSICIONAR O USUÁRIO
- ☐ REALIZAR O REGISTRO FOTOGRÁFICO

LAYOUT PADRÃO:



- | | | | |
|--|-----------------|--|-----------------|
| | Responsável 01. | | Bancada. |
| | Responsável 02. | | Base Quad. |
| | Usuário. | | Tripê e Câmera. |

Padrões de distâncias (cm):

- 1,50 entre câmera e base quadriculada;
- 0,50 entre usuário e responsável 02;
- 0,20 entre usuário e base.

OBSERVAÇÕES:

05. MENSURAR

- Preparar todos os equipamentos e materiais necessários para coleta no ambiente;
- Testar os equipamentos eletrônicos no ambiente;
- Ler o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
- Identificar os pontos antropométricos que serão coletados.

- ☐ ALTURA DA ORELHA
(EH) - Ear Height
- ☐ LARGURA DO ARCO ENTRE AS ORELHAS
(BW) - Bow Width between the Ears
- ☐ POSIÇÃO HORIZONTAL DO OUVIDO
(HE) - Ear Horizontal Position
- ☐ LARGURA DA FACE;
(FW) - Face Width
- ☐ COMPRIMENTO DA CABEÇA
(HL) - Head Length
- ☐ POSIÇÃO VERTICAL DA ORELHA;
(VE) - Ear Vertical Position
- ☐ POSIÇÃO HORIZONTAL DO OUVIDO
(HE) - Ear Horizontal Position



Utilizar todos os equipamentos com exatidão,
pois isso compromete no desenvolvimento da
continuidade do projeto.

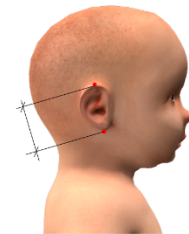
■ OBSERVAÇÕES:

05. MENSURAR

- Preparar todos os equipamentos e materiais necessários para coleta;
- Testar os equipamentos eletrônicos;
- Check as baterias dos equipamentos eletrônicos;
- Confirmar os equipamentos da mensuração.

- ☐ ALTURA DA ORELHA
(EH) - Ear Height
Altura do ponto superior e inferior mais proeminentes da orelha.

Medida (CM)



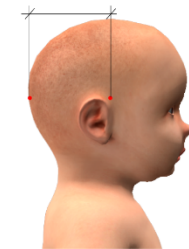
- ☐ LARGURA DO ARCO ENTRE AS ORELHAS
(BW) - Bow Width between the Ears
Largura entre as extremidades laterais da cabeça.

Medida (CM)



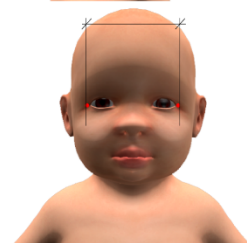
- ☐ POSIÇÃO HORIZONTAL DO OUVIDO
(HE) - Ear Horizontal Position
Distância entre ouvido e ponto mais proeminente da região posterior da cabeça.

Medida (CM)



- ☐ LARGURA DA FACE;
(FW) - Face Width
Distância entre pontos extremos dos olhos.

Medida (CM)



■ OBSERVAÇÕES:

05. MENSURAR

- Preparar todos os equipamentos e materiais necessários para coleta;
- Testar os equipamentos eletrônicos;
- Check as baterias dos equipamentos eletrônicos;
- Confiar os equipamentos da mensuração.

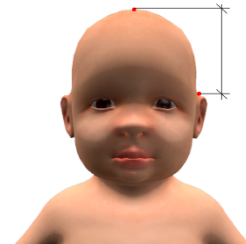
- ☐ **COMPRIMENTO DA CABEÇA**
(HL) - Head Length
Largura entre ponto mais proeminente da região posterior da cabeça com ponto mais proeminente do frontal.

Medida (CM)



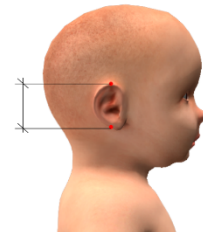
- ☐ **POSIÇÃO VERTICAL DA ORELHA;**
(VE) - Ear Vertical Position
Distância vertical entre ponto superior da orelha e ponto superior da cabeça mais proeminente.

Medida (CM)



- ☐ **POSIÇÃO HORIZONTAL DO OUVIDO**
(HE) - Ear Horizontal Position
Distância entre ouvido e ponto mais proeminente da região posterior da cabeça.

Medida (CM)



- ☐ Especificar outros pontos, caso necessário.

Medida (CM)

Medida (CM)

OBSERVAÇÕES:

06. FINALIZAR

- Recolher todos os equipamentos e materiais necessários para coleta;
- Verificar a legibilidade das informações;
- Registrar o tempo do procedimento.

TEMPO DESTINADO PARA CADA TAREFA:

PREPARAR:

IDENTIFICAR:

ORGANIZAR:

MENSURAR:

CATALOGAR:

Catalogar as medidas antropométricas coletadas no software Microsoft Excel e, posteriormente, aplicá-las para criação do humanoide no softwares recomendáveis.

DIFICULDADES E SOLUÇÕES ENCONTRADAS DURANTE O PROTOCOLO:

OBSERVAÇÕES:



nutes
NÚCLEO DE TECNOLOGIAS ESTRATÉGICAS EM SAÚDE

REFERÊNCIA:

COSTA, Diogo; OLIVEIRA, Najda. Protocolo para coleta de dados: Antropometria Facial. Campina Grande: NUTES/UEPB, 2019. Disponível em: <<https://diogopontes102.wixsite.com/website>>.. Acesso em: __.

APÊNDICE F - PROCESSO DE CRIAÇÃO DO HUMANOIDE





APRESENTAÇÃO

O MakeHuman é um software open source (serviço aberto) de criação de modelos humanoides tridimensionais, onde se tem a possibilidade de modifica-lo das mais variadas formas como sexo, altura, idade, roupas, acessórios, poses etc.

Esta apostila tem por finalidade guiar o primeiro contato com o software, partindo do download até o conhecimento básico da interface e ferramentas.





SUMÁRIO

BAIXANDO O SOFTWARE _____ 04

INTERFACE _____ 06

FERRAMENTAS/TELAS _____ 05

MODELANDO _____ 16

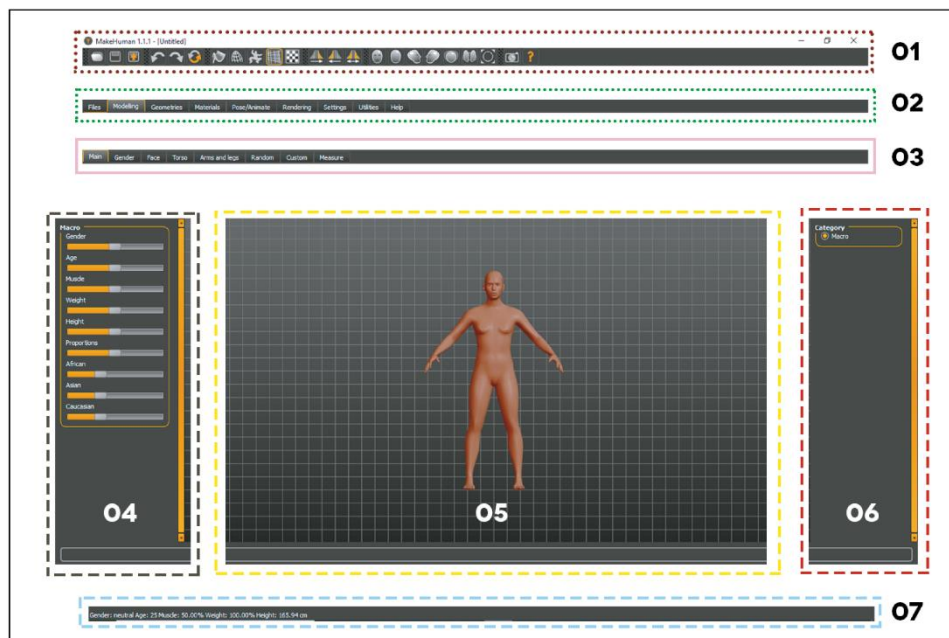




INTERFACE



Ao executar essa etapa e iniciarmos o programa, veremos que existe um humanoide tridimensional como modelo base para manipulação (05), além disso, é possível observar uma série de barras de ferramentas horizontais na região superior da interface (01, 02 e 03), uma barra horizontal na região inferior (07) com os parâmetros do humanoide, além de duas barras de ferramentas vertical, sendo dispostas uma em cada lado da interface (04 e 06). Essa distribuição, pode ser vista na Figura 04.





FERRAMENTAS/TELAS

Adentrando as funcionalidades do software, vemos que na primeira aba horizontal da barra superior a presença de ferramentas relativas as diversas opções das configurações gerais, que estão divididas em file (arquivo), edit (edição), view (visualização), symmetry (simetria), camera (Câmera) e other (outros), conforme podemos perceber no Quadro a seguir.

	LOAD	Carregar arquivo externos para o Makehuman.
	SAVE	Salvar o arquivo.
	EXPORT	Nesta opção é possível exportar o modelo humanoide tridimensional em diversos formatos.
	SMOOTH	Com este comando é possível melhorar o acabamento superficial do humanoide.
	WIREFRAME	Esta opção corresponde a possibilidade de alterar a forma de visualização do humanoide.
	POSE	Neste ícone torna possível a reset a posição original do humanoide.
	GRID	Possibilita a alteração da grade da tela, no sentido vertical e horizontal, do software.
	BACKGROUND	Ajustar modo de visualização da área de trabalho.



	FRONT VIEW	Alterar o modo de visualização do humanoide para vista frontal.
	RIGHT VIEW	Alterar o modo de visualização do humanoide para vista lateral direita.
	TOP VIEW	Alterar o modo de visualização do humanoide para vista superior.
	RESET CÂMERA	Com este comando é possível retornar ao posicionamento da câmera inicial.
	UNDO	Desfazer os últimos comandos realizados para alterar o objeto.
	REDO	Refazer os comandos que foram desfeitos através do comando Undo.
	RESET	Com este comando é possível retornar aos parâmetros inicial do humanoide, após alterações.
	SYMMETRY	Com esta ferramenta ativada é possível ajustar simetricamente o modelo.
	SYMMETRY L>R	Com esta ferramenta ativada é possível ajustar o humanoide do lado esquerdo para o direito.
	SYMMETRY R>L	Neste comando a ferramenta é possível ajustar o humanoide da direita à esquerda.

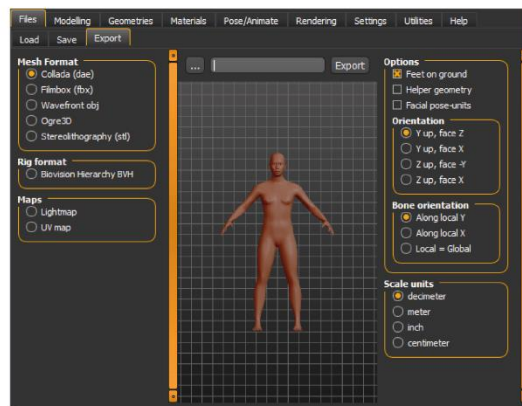
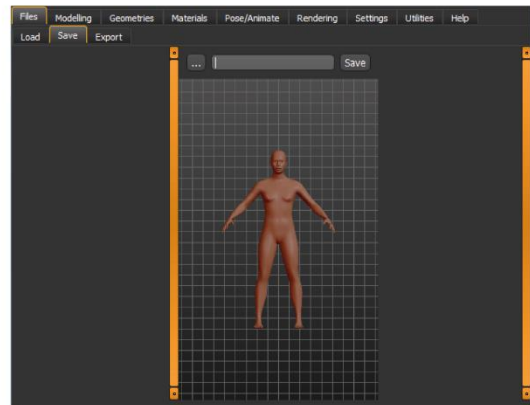
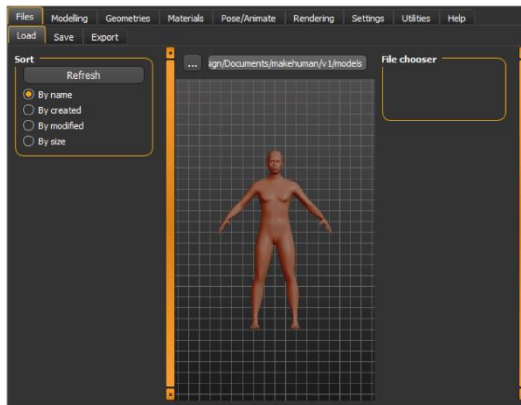


	GRAB SCREEN	Com esta ferramenta é possível capturar a tela de trabalho do software.
	HELP	Nesta opção será possível coletar mais informações acerca do software.
	BACK VIEW	Alterar o modo de visualização do humanoide para vista posterior.
	LEFT VIEW	Alterar o modo de visualização do humanoide para vista lateral esquerda.
	BOTTON VIEW	Alterar o modo de visualização do humanoide para vista frontal.

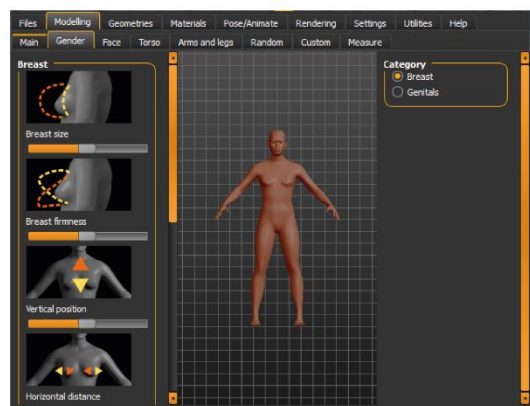
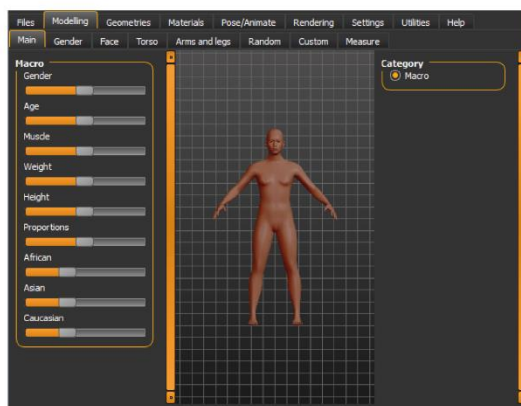
Após a identificação da primeira barra horizontal, partimos para esmiuçar as demais possibilidades, onde verificamos que a terceira barra horizontal é dependente da segunda, onde após selecionar uma de suas opções, se abrirão outras, possibilitando a alteração de outros parâmetros do humanoide.

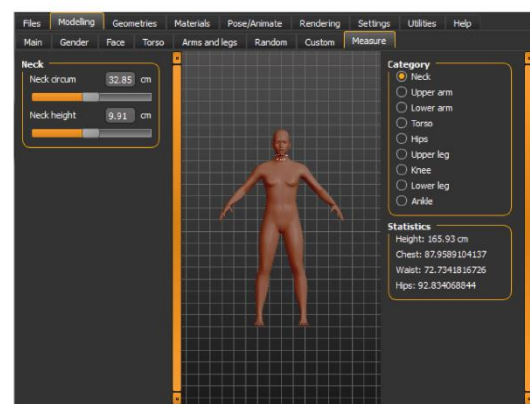
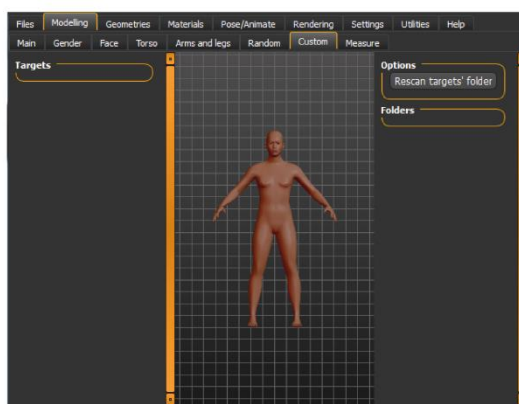
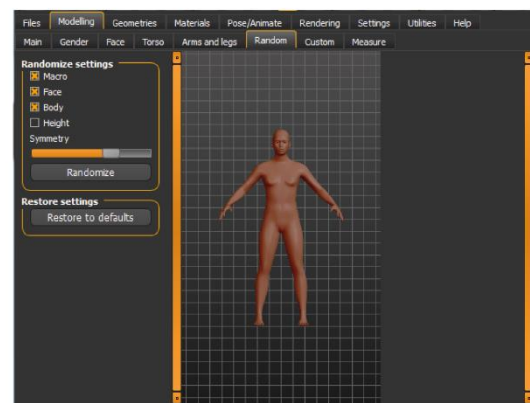
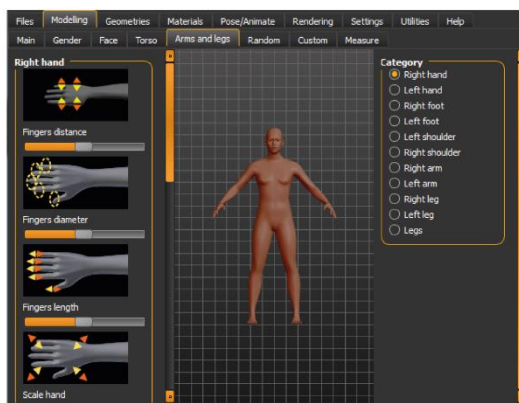
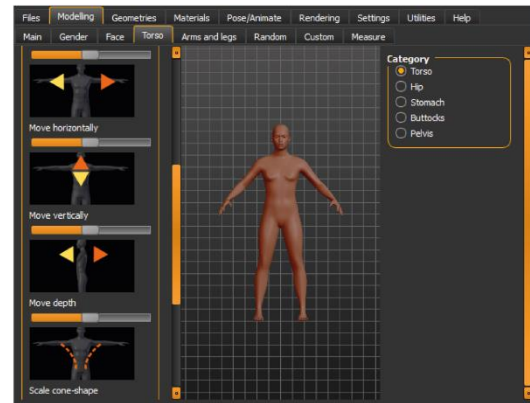
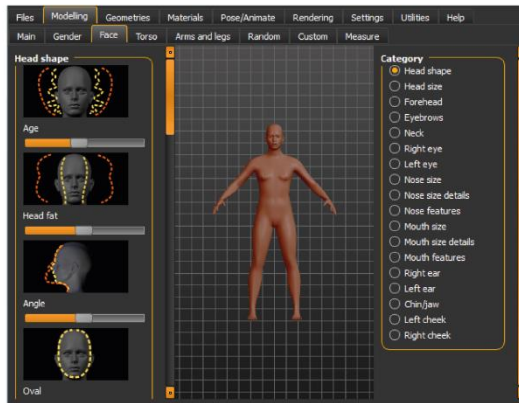
Torna-se importante ressaltar que, as duas barras verticais presentes na interface, também estão condicionadas às opções selecionadas na barra secundária, como demonstra as imagens a seguir.

Files

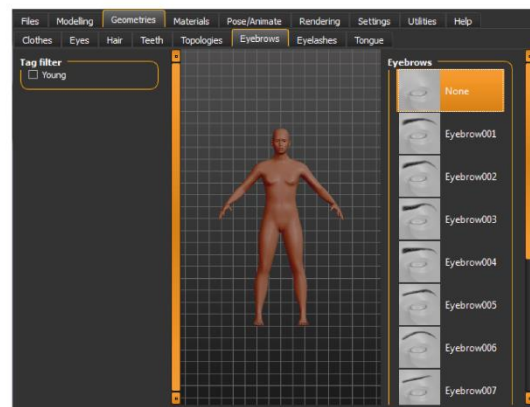
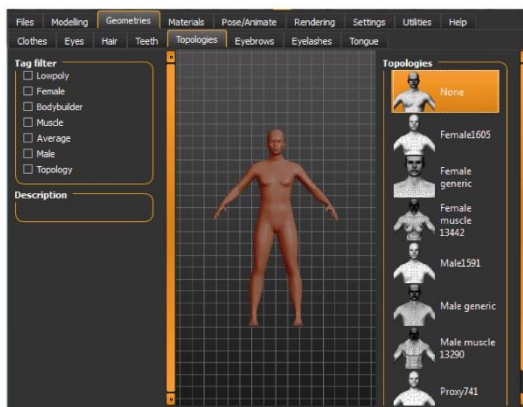
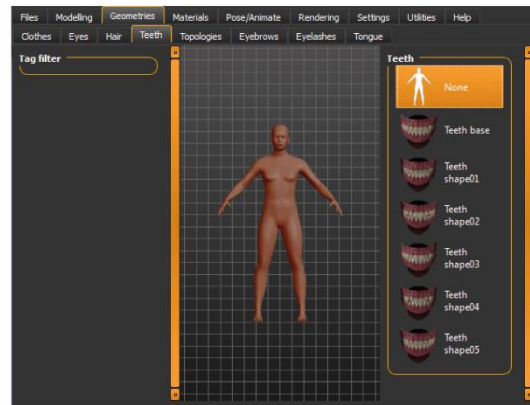
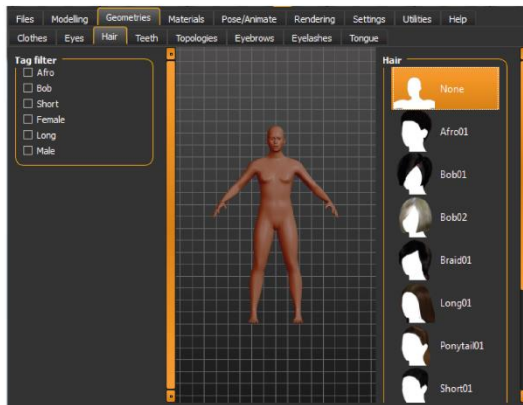
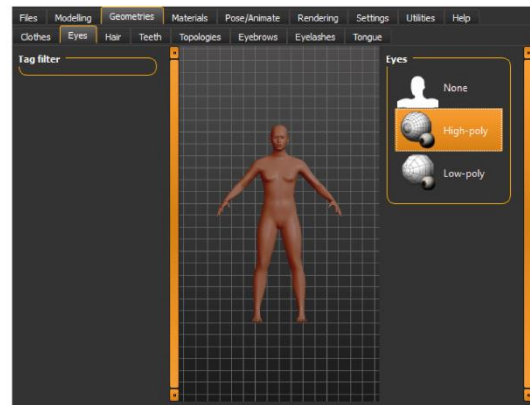
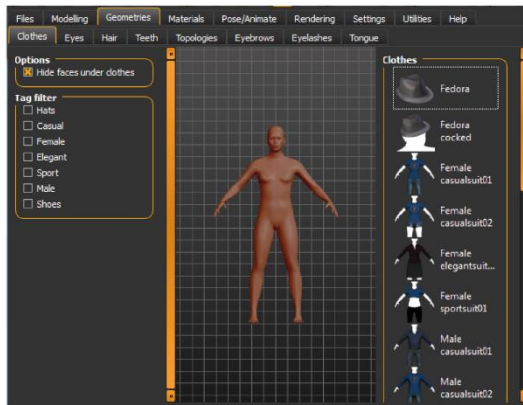


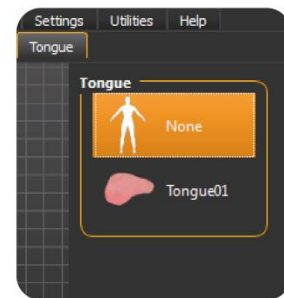
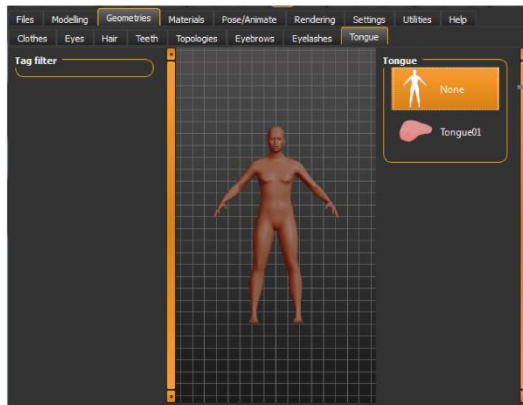
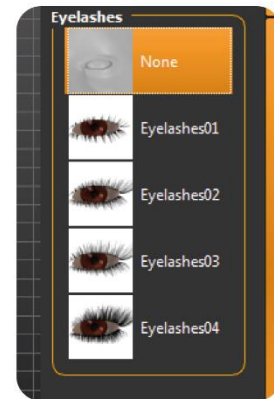
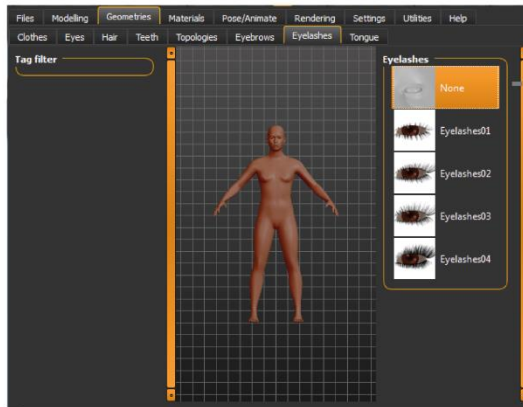
Modelling



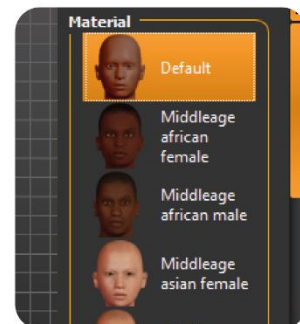


Geometries

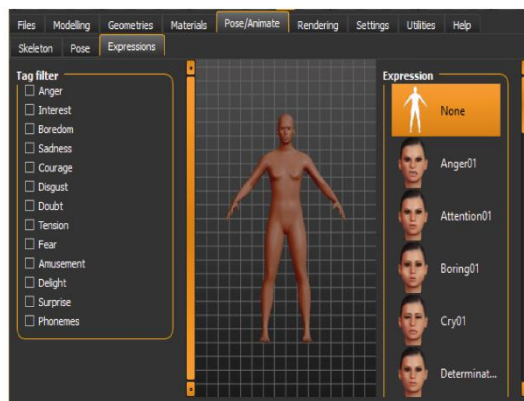
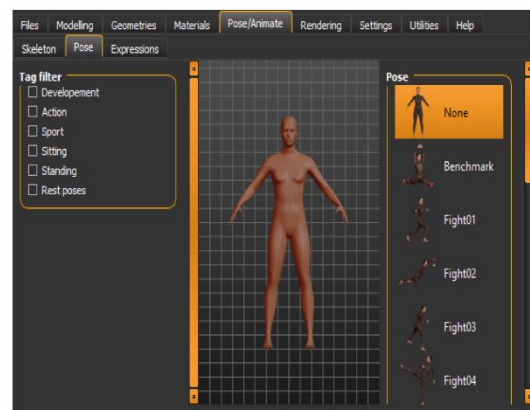
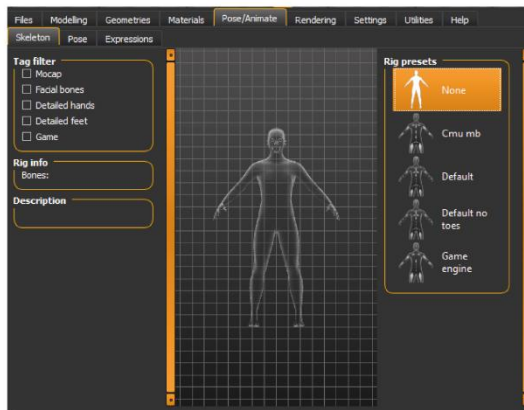




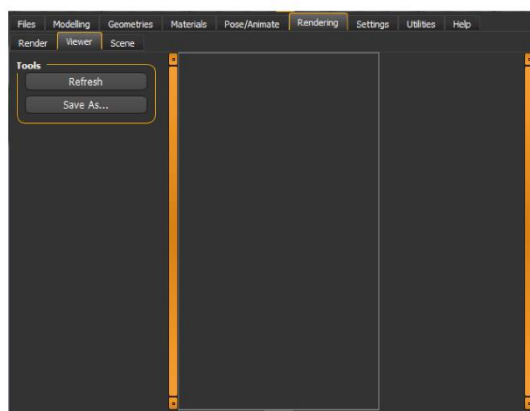
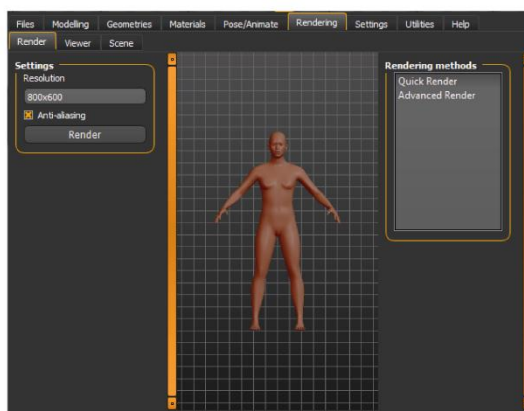
Materials

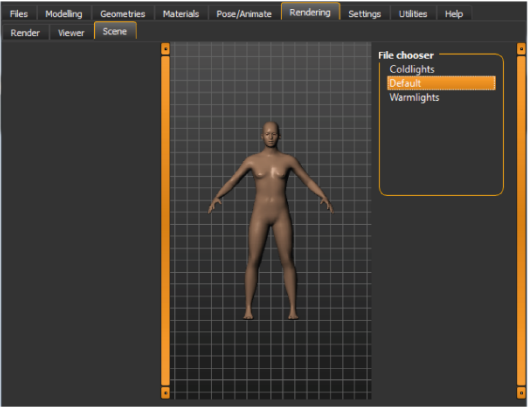


Pose/Animate

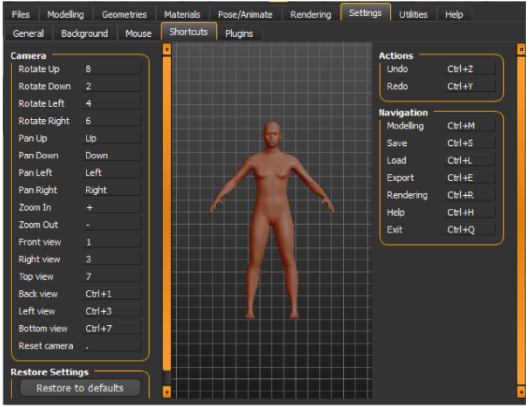
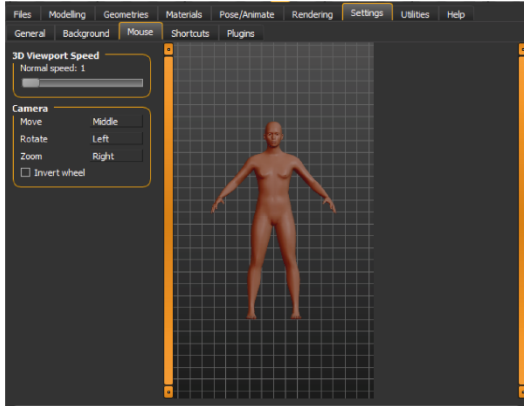
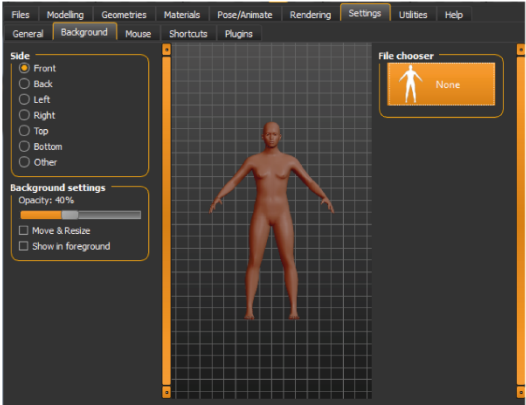
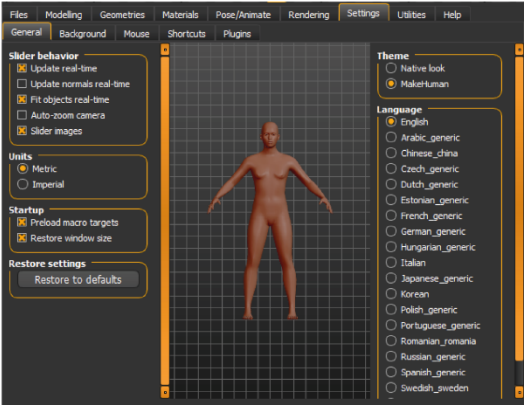


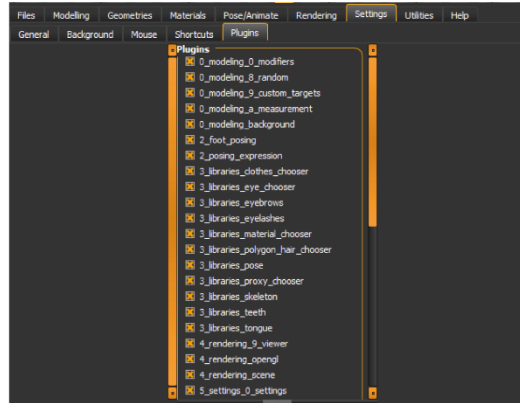
Rendering



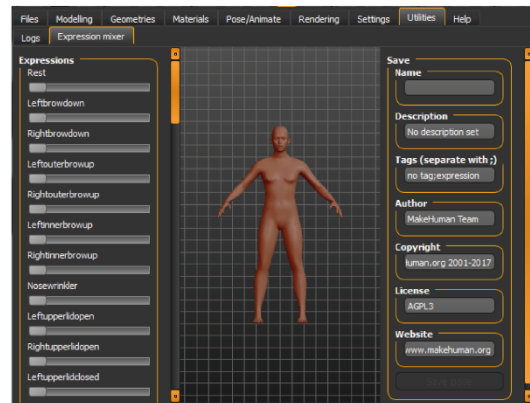
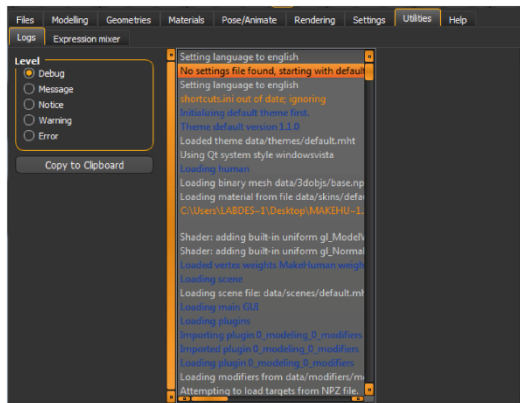


Settings

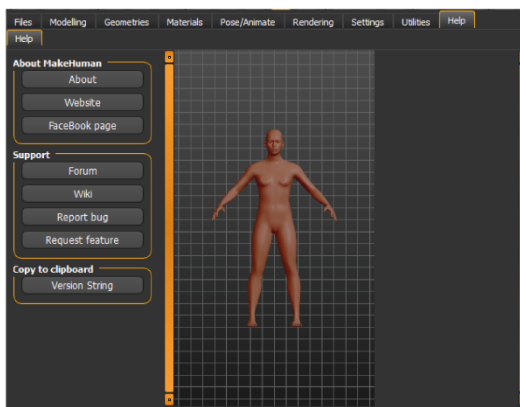




Utilities



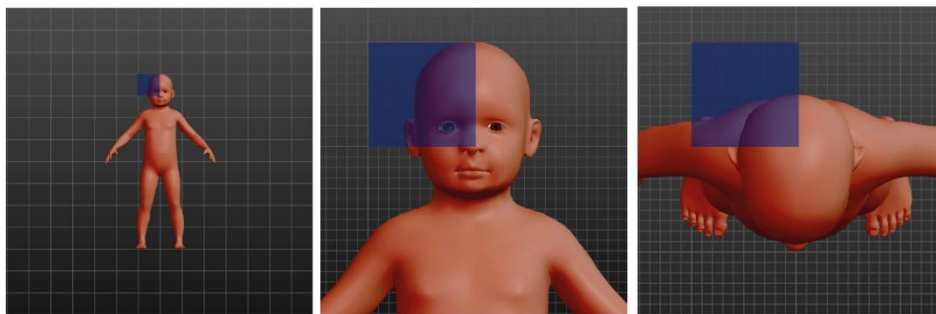
Help





MODELANDO

Afim de auxiliar na compreensão completa do software, desenvolveu-se um passo a passo nos dois estilos possíveis para criação de um humanoide, sendo o primeiro a partir da manipulação das barras e a outra aplicando a mensuração dos dados antropométricos, além de descrevermos o modo de salvar e exportar o modelo. Para auxiliar nesse desenvolvimento, em relação a identificação das medidas do modelo, é necessário observar o grid (grade), pois este está dividido em quadros de 10x10 cm e ao passo que aproximamos ao personagem, o dimensionamento dos quadrados diminui para 1x1 cm, conforme podemos observar na Figura XX, a partir do marca translúcida na cor azul que marca indica a grade.



Tendo conhecimento do fluxo e das opções que são oferecidas no makehuman®, torna-se necessário discutirmos acerca dos equipamentos necessários para manipulação e da forma de interação do usuário, visto que alguns dos comandos básicos - zoom, pan view e rotate view, são distintos de alguns softwares comumente utilizados.

Para tal, desenvolvemos a Figura XX com as informações e imagens necessárias para compreensão da manipulação do mouse, esse sendo o equipamento indispensável durante todo o processo

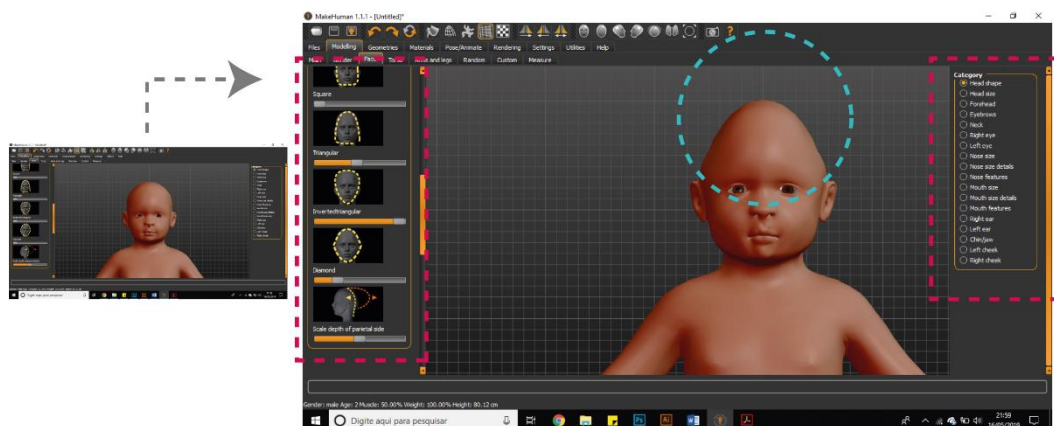




Manipulação das barras: No tópico de modelling (modelagem), modificou-se os parâmetros do main (idade), onde pretendemos deixar o humanoide correspondente a um bebê de 02 age (anos), com height (altura) de aproximadamente 80cm, com muscle (musculatura) de 50% e weight (peso) 100%, conforme podemos observar na Figura que segue.

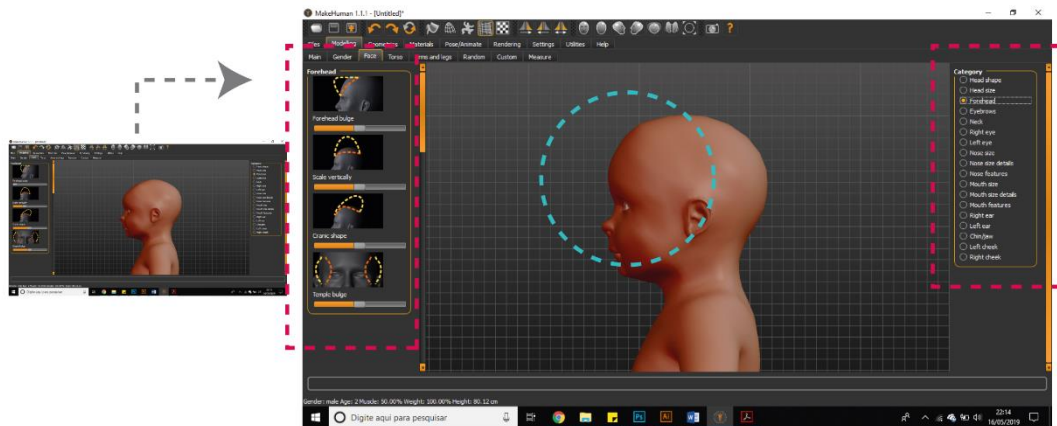


Partiu-se para a ferramenta face (rosto), onde alteramos os itens Triangular, Invertedtriangular (triângulo invertido) e scale depth of parietal side (profundidade da escala do lado parietal) que está do lado esquerdo da interface e selecionamos o item head shape (forma de cabeça) do category (categoria) que está no lado direito da tela de visualização do software.

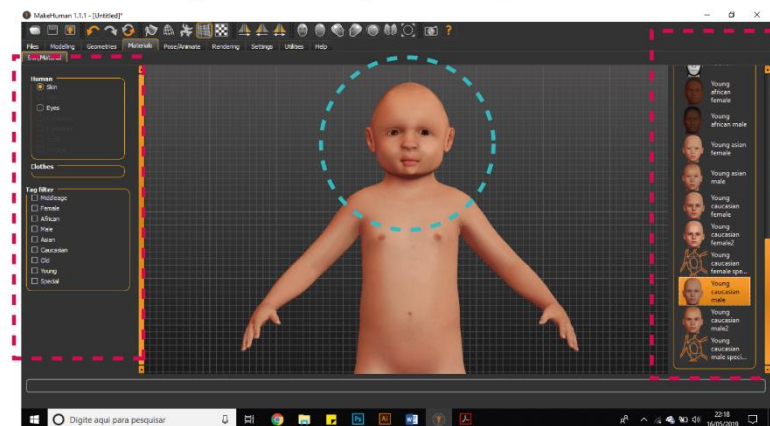




Posteriormente, selecionamos a opção Forehead (testa) da aba vertical do lado direito (category) e modificamos três parâmetros sendo: forehead bulge, scale vertically e cranic shape. Conforme os demais modificadores, é possível identificar a área que será alterada, através das linhas tracejadas nas cores amarela e laranja, localizadas acima do nome do parâmetro e da barra de alteração do quantitativo (setas azuis destacando).



Em seguida, partiu-se para às alterações relativas aos materiais do humanoide. Selecionamos o padrão young caucasian male - jovem masculino caucasiano - na barra vertical do lado direito, isso tendo selecionado o modo skin - pele - na barra vertical do lado contrário. Ademais, podemos alterar outros parâmetros, conforme podemos observar as opções disponíveis na interface do software presentes na próxima Figura.

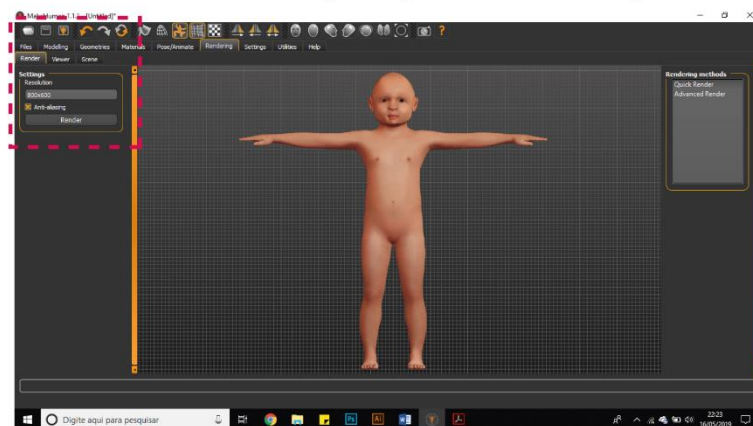




Partindo para quinta opção da barra horizontal 02, observa-se a possibilidade de alterar as posições do humanoide, essas posições são estáticas. Para isso, selecionados o modo Pose/Animate, na terceira barra horizontal o modificador Pose e, posteriormente, selecionamos o padrão que mais seja adequado para a tarefa, que no caso utilizamos o modo Tpose, que está localizado na barra vertical do lado direito.

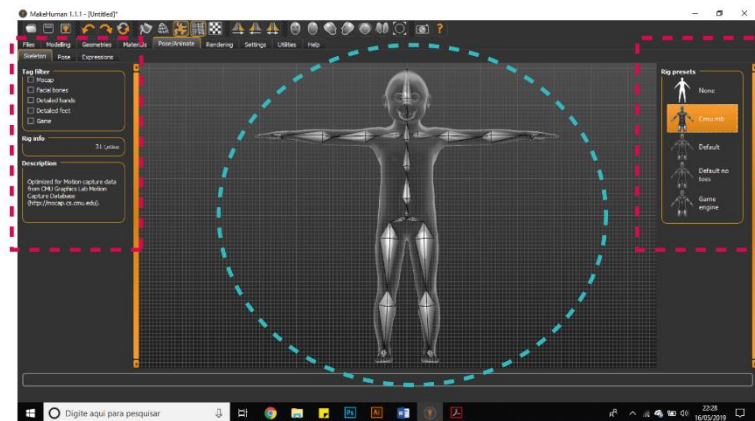


Para renderização, selecionamos a aba horizontal rendering, logo, serão abertas três opções e devemos selecionar a opção Render e posteriormente ajustar a resolução da imagem e clicar na opção render abaixo da opção da resolução. Após o processamento de renderização da imagem, salvamos a imagem em formato PNG, em alguma pasta do computador e com o nome do arquivo que melhor se adeque ao contexto.





Também é possível exportar o modelo criado com os skeleton - esqueletos - em formatos compatíveis com outras softwares. Onde posteriormente, torna-se possível a alteração das posições do esqueleto, conforme o desejado pelo usuário. Para isso, basta selecionar o modo Skeleton, localizado ao lado do modificador pose, e selecionar o padrão desejado.

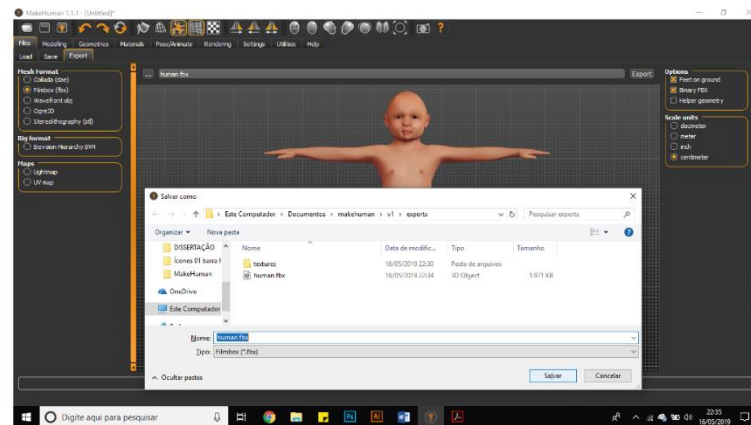


Para concluir de forma correta a exportação do humanoide com o esqueleto, devemos selecionar o modo Files, localizado na segunda barra horizontal, em seguinte a opção Export e na barra vertical do lado direito, devemos marcar a opção filmbox (. Fbx) ou 3D Object (.obj), e na barra vertical do lado oposto, deixar selecionados Feet on ground, Binary fbx e centimeter.





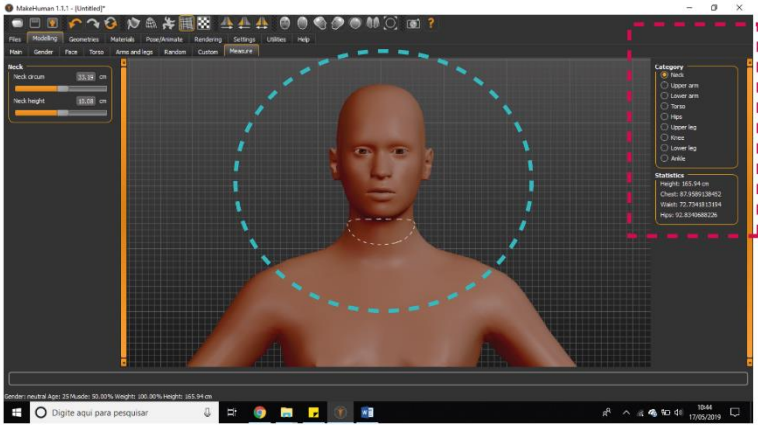
Posteriormente, é necessário clicar na opção reticências (seta azul) para abrir a caixa de diálogo do modo “salvar como”, então atribuímos um nome ao arquivo na barra nome e clicamos na opção salvar (seta amarela) após essa etapa, por fim, basta clicar no Export (seta vermelha) que o arquivo será exportado com os parâmetros escolhidos.



Torna-se necessário ressaltar a dificuldade de aplicar alguns parâmetros com mouse, visto que não é possível aplicar as medidas com o teclado numérico, sendo necessário movimentar o mouse e com isso temos que ir ajustando as barras, observando a área horizontal inferior.



Mensuração: Para tal, basta seguir o seguinte fluxo: selecionar a aba Measure (seta azul); dar o zoom para melhor ver o humanoide; selecionar a categoria Neck (seta verde); pressionar na barra laranja do Neck (do lado direito) ou digitar o valor do parâmetro desejado; e, verifique que ao selecionar uma opção, aparecerá um tracejado branco (seta vermelha) sob a região que será alterado, como mostra a Figura que segue.



Como podemos observar, há uma série de parâmetros na barra vertical do lado direito category, ao passo que selecionamos para item, outras opções são reveladas na barra vertical do lado oposto, com isso basta ir aplicando as medidas para cada modificador que a forma do humanoide será altera. Para o exemplo em questão, utilizamos todas as medidas estão em centímetros, com os seguintes parâmetros listado na Tabela or:

CATEGORIA	PARÂMETRO	DIMENSÃO
Neck (PESCOÇO)	Neck Circum	27.63
	Neck Height	12.00
Upperarm (Parte Superior do Braço)	Upperarm circum	34.00
	Upperarm lenght	24.99
	Lowerarm lenght	25.99
Torso (Parte central do corpo)	Wrist circum	15.99
	Fron chest dist	35.81
	Bust circum	104.31
	Underbust circum	91.55
	Waist circum	85.59
	Nape yo hip	37.15
	Wais to hip	19.45
Hips (Quadril)	Shoulder dist	15.58
	Hips circum	108.52
Upper leg (Perna Superior)	Upperleg height	39.12
	Thigh circ.	59.74

**REFERÊNCIA:**

COSTA, Diogo; OLIVEIRA, Najda; Lima, Editó. Modelando Personagens: Tutorial do software Makehuman. Campina Grande. Paraíba, 23 p., 2019. Disponível em: <<https://diogopontes102.wixsite.com/website>>. Acesso em: ____.

PARCEIROS:

APÊNDICE G – PAINEL DE REFERÊNCIA

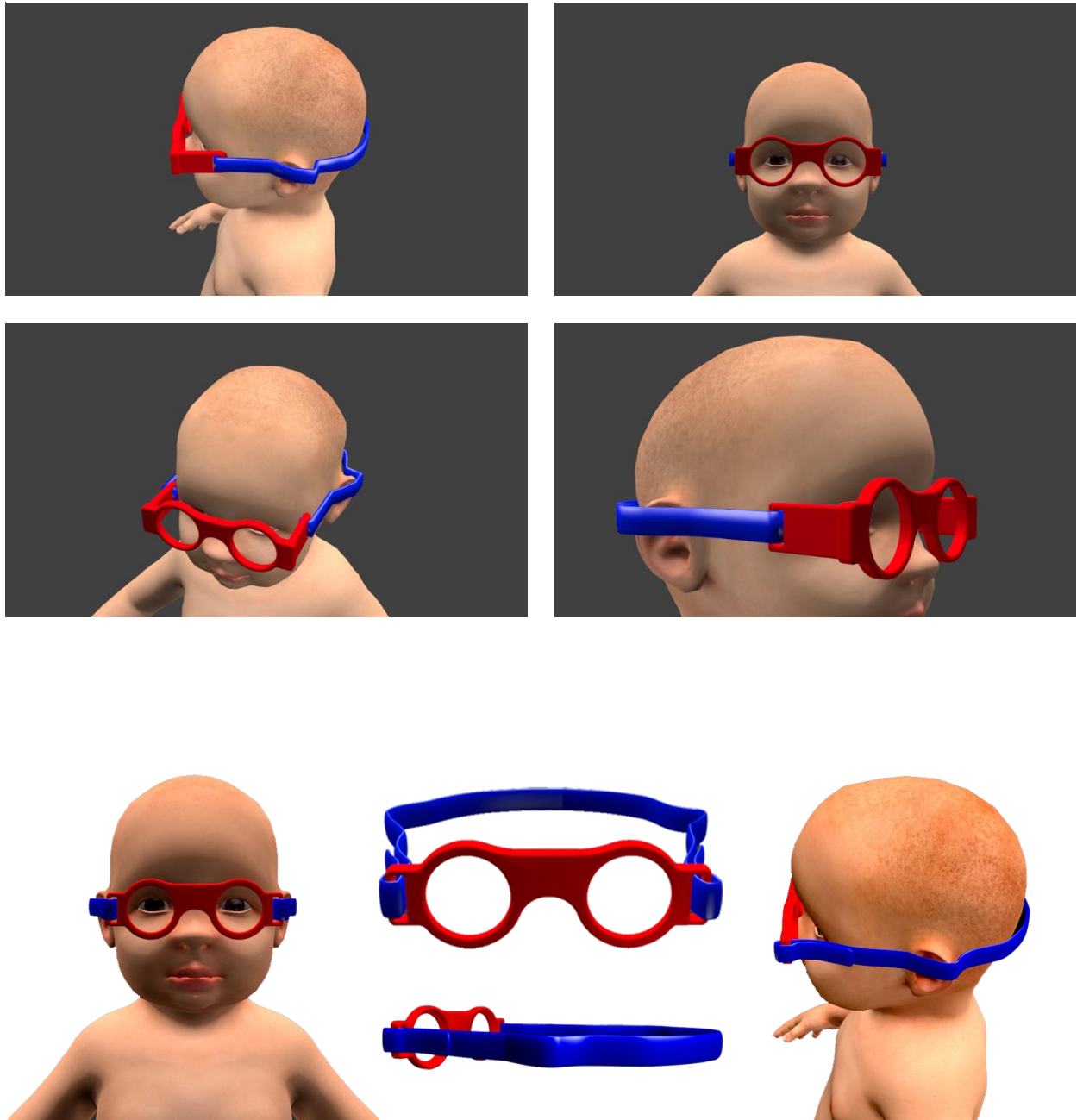
Figura 67 - Prancha de Referência Visual



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

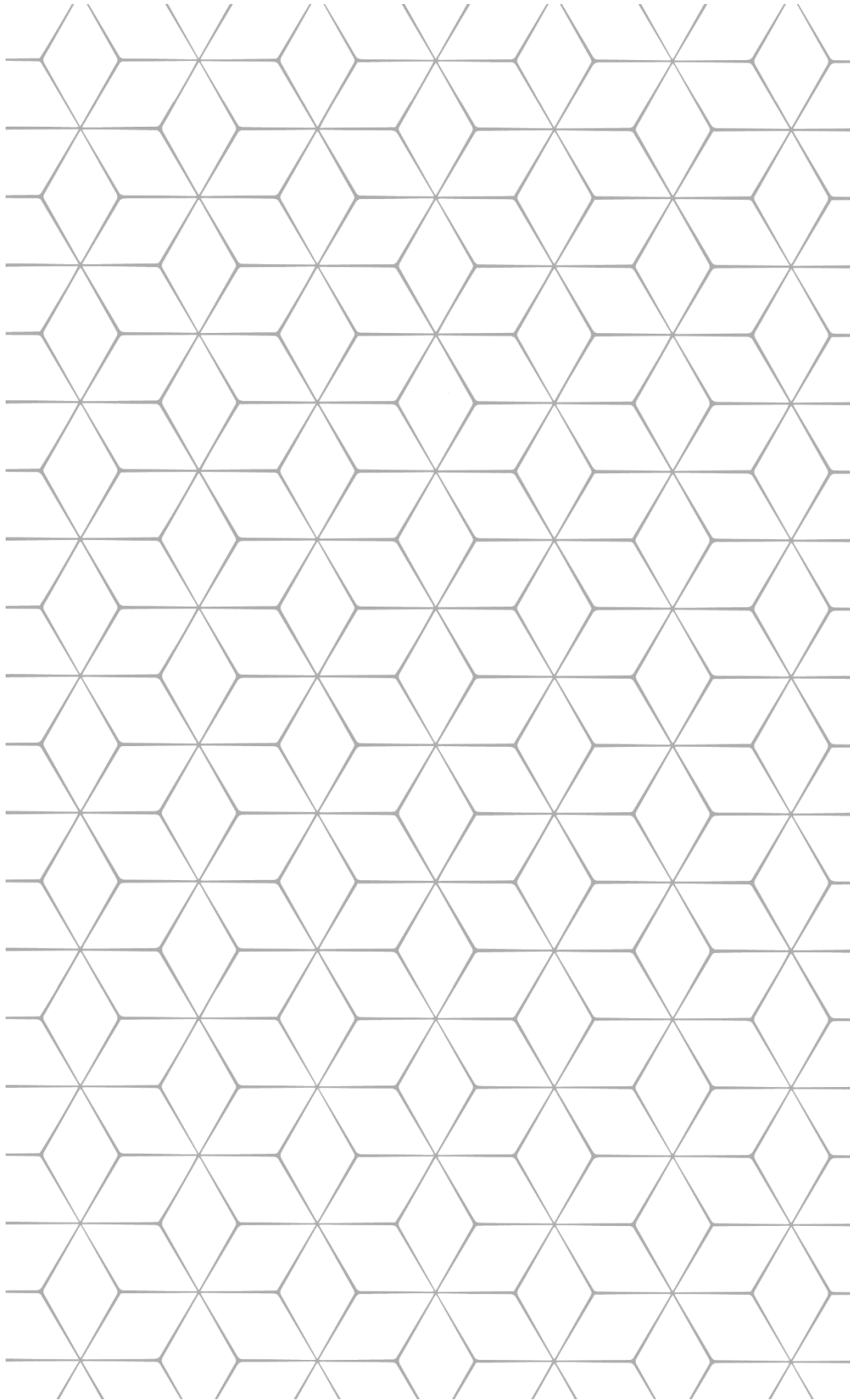
APÊNDICE H – IMAGENS RENDERIZADAS

Figura 68 - Rendering de modelos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

APÊNDICE I - O SOFTWARE CURA 3D



TUTORIAL ULTIMAKER CURA

APRESENTAÇÃO

Este tutorial é fruto de uma etapa da pesquisa desenvolvida pelo autor, realizado no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção de título de Mestre em Ciência e Tecnologia em Saúde. A pesquisa correu durante os anos de 2018/2019, e, intitulada de “ELABORAÇÃO DE PROTOCOLO PARA CONFEÇÃO DE DISPOSITIVO CORRETIVO OCULAR CUSTOMIZADO IMPRESSO 3D PARA CRIANÇAS ACOMETIDAS COM MICROCE-
FALIA”

Existem diversos softwares para impressão tridimensional, dentre esses, temos o Ultimaker Cura 3D e neste arquivo, iremos demonstrar um passo a passo de um teste para gerar um arquivo a ser impresso. O Cura 3D é de livre acesso e tem uma interface que facilita a comunicação com o usuário. Afim de ceder mais informações, Pode-se observar neste arquivo um pequeno resumo de como utilizar o software. O software Cura suporta diversos formatos, como os arquivos em STL, 3MF e OBJ.

OBJETIVO

Desenvolver um Tutorial do software Ultimaker Cura para Impressora 3D.

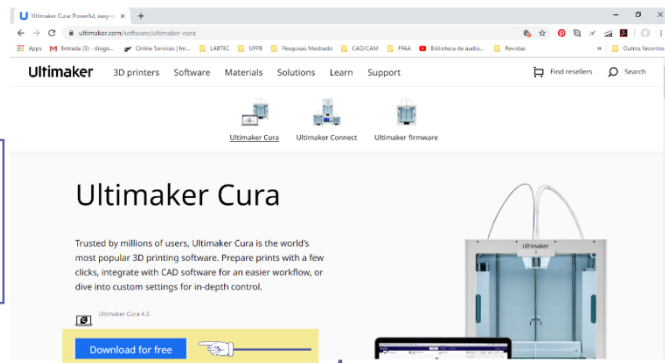
CONTEÚDO

01. BAIXAR E INSTALAR	03
02. INTERFACE	04
03. INCLUIR ARQUIVO	05
04. PREPARAR ARQUIVO	06
05. AJUSTAR CONFIGURAÇÃO	07
06. FINALIZAR O ARQUIVO	08

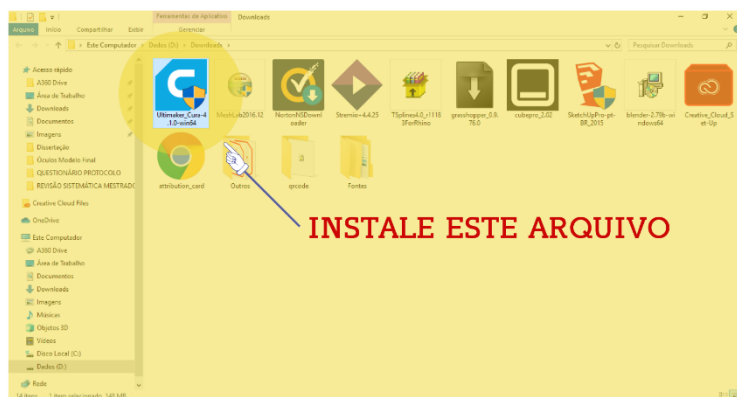
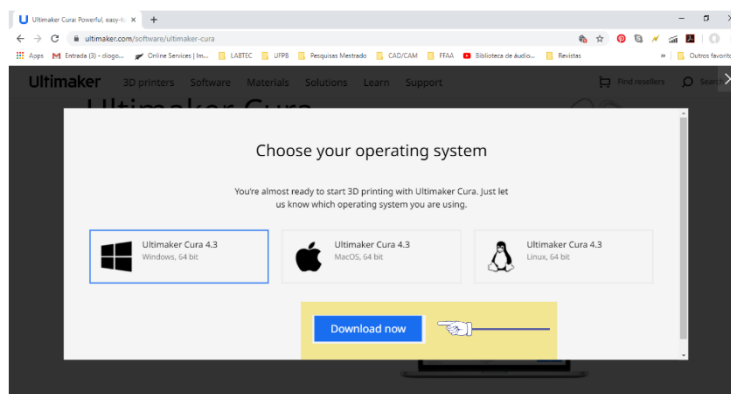
01. BAIXAR E INSTALAR

O primeiro passo é acessar o link e baixar o arquivo da Ultimaker Cura:

<https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>



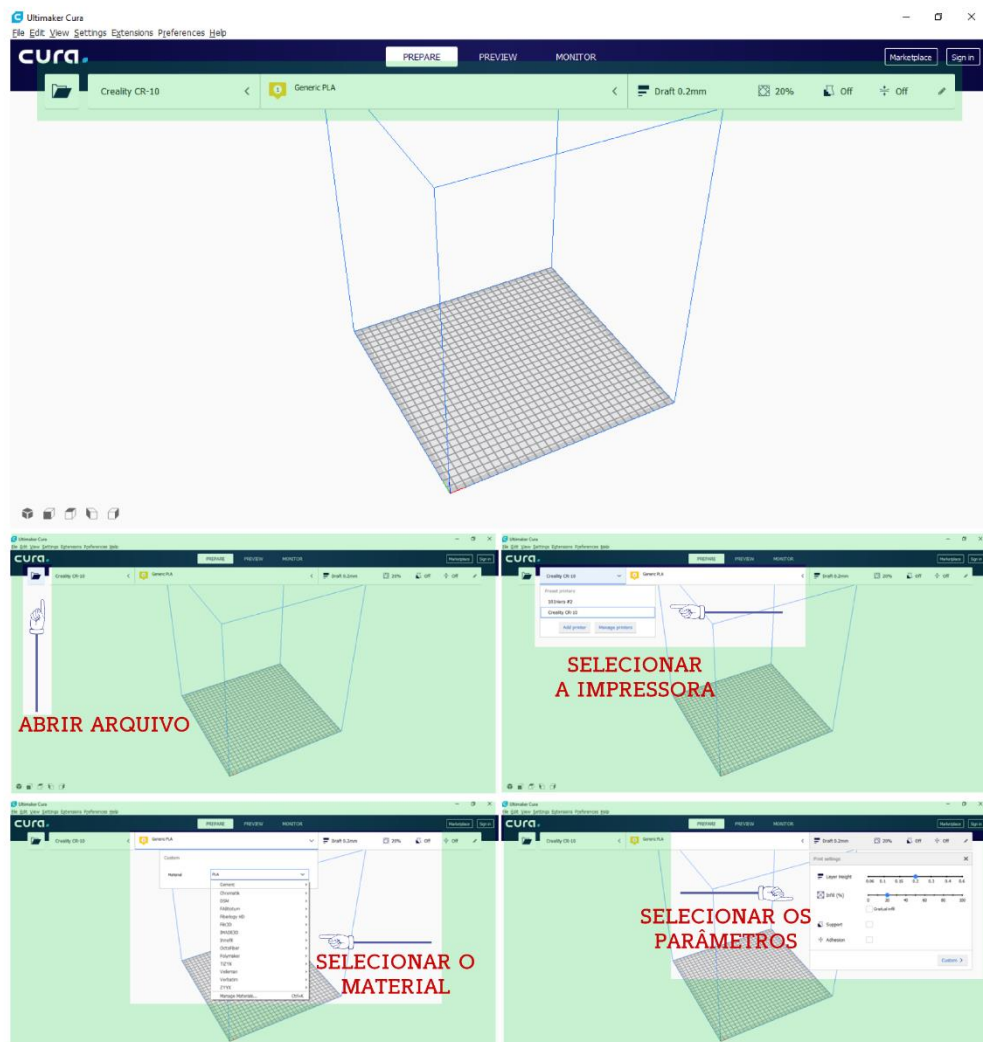
Selecione o sistema operacional e baixe o arquivo clicando no "Download now"



02. INTERFACE

Pode-se observar que a barra horizontal (em destaque verde) consiste em:

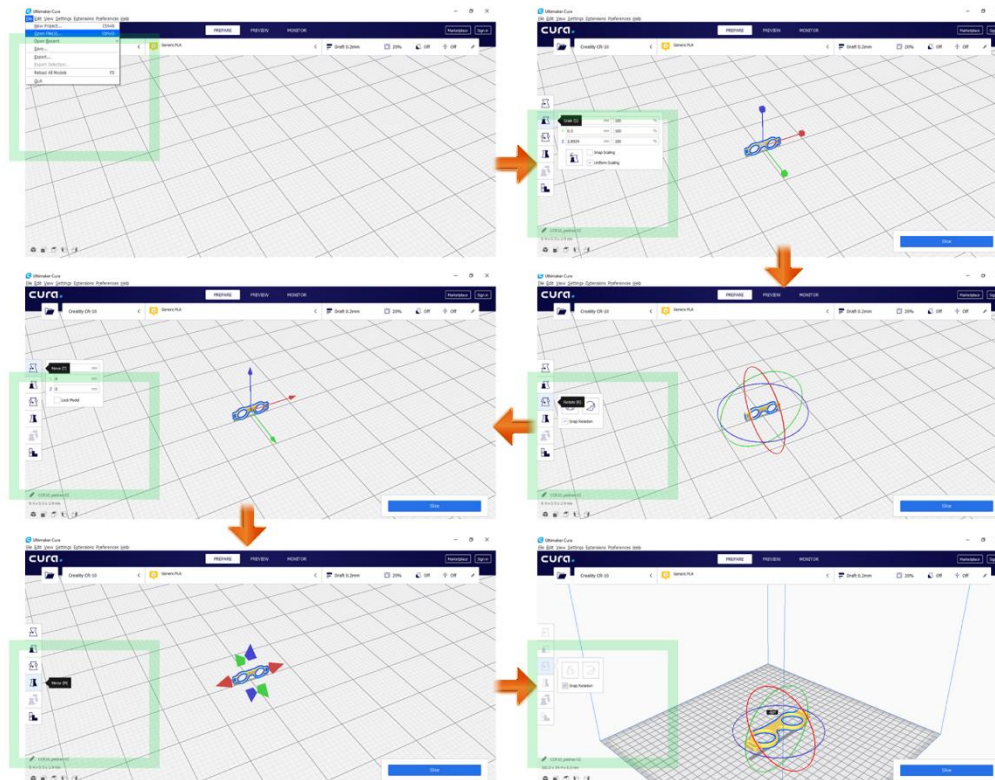
- Opções de open (abrir arquivo);
- Selecionar o modelo da impressora;
 - Selecionar o material; e
- Editar as configurações para impressão.



03. INCLUIR ARQUIVO

Ao incluirmos a peça no software, através do Open File(s), observa-se que novos parâmetros são adicionados à tela, aonde é possível realizar os seguintes passos:

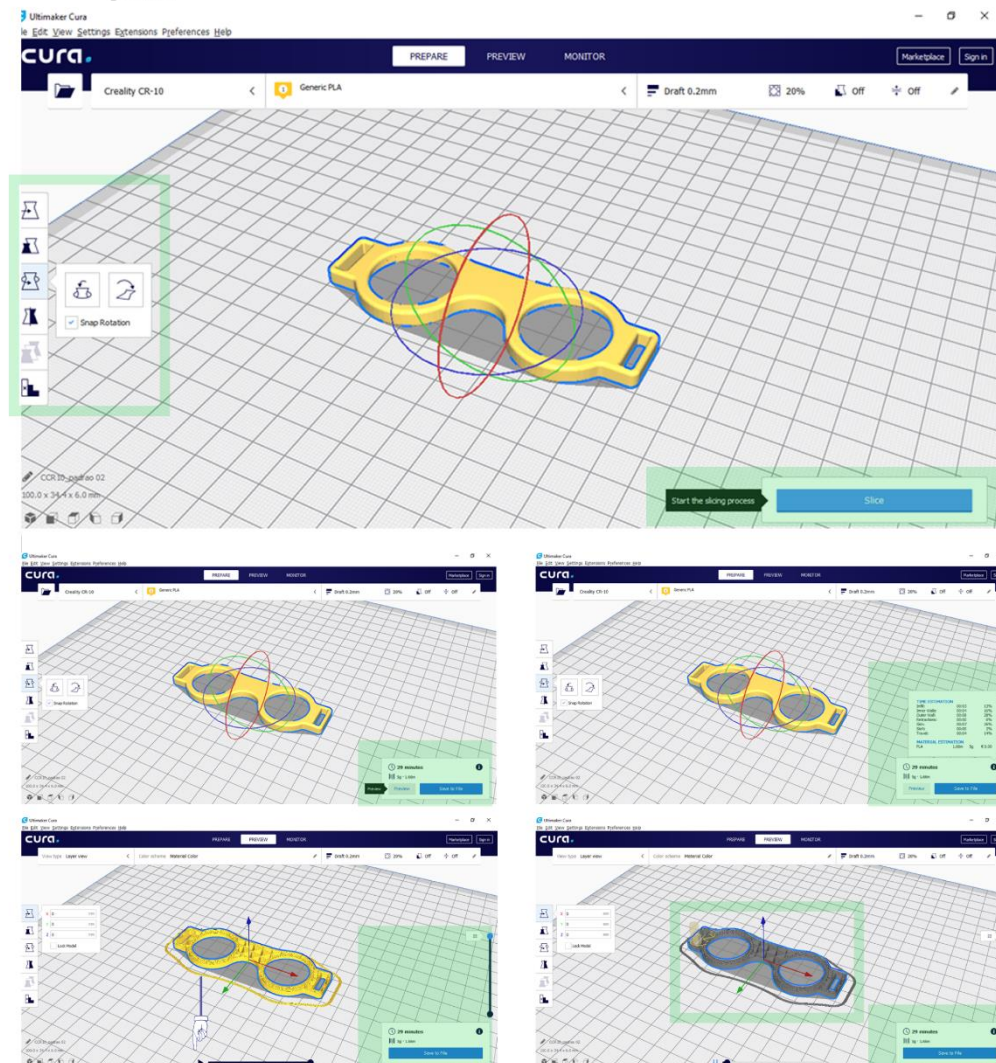
- Ajustar o posicionamento em relação a base;
- Ajustar a escala do produto;
- Girar a peça em relação à área de trabalho;
- Espelhar o produto em torno de qualquer eixo; e,
- Construir suporte automático.



04. PREPARAR ARQUIVO

O próximo passo consiste na seleção do slice (fatia), esse comando é responsável por conduzir o trabalho à área de configuração da impressão, aonde se pode observar a abertura de uma nova “caixa de diálogos”, com uma breve descrição do tempo para confecção da peça, bem como a estimativa de uso do material.

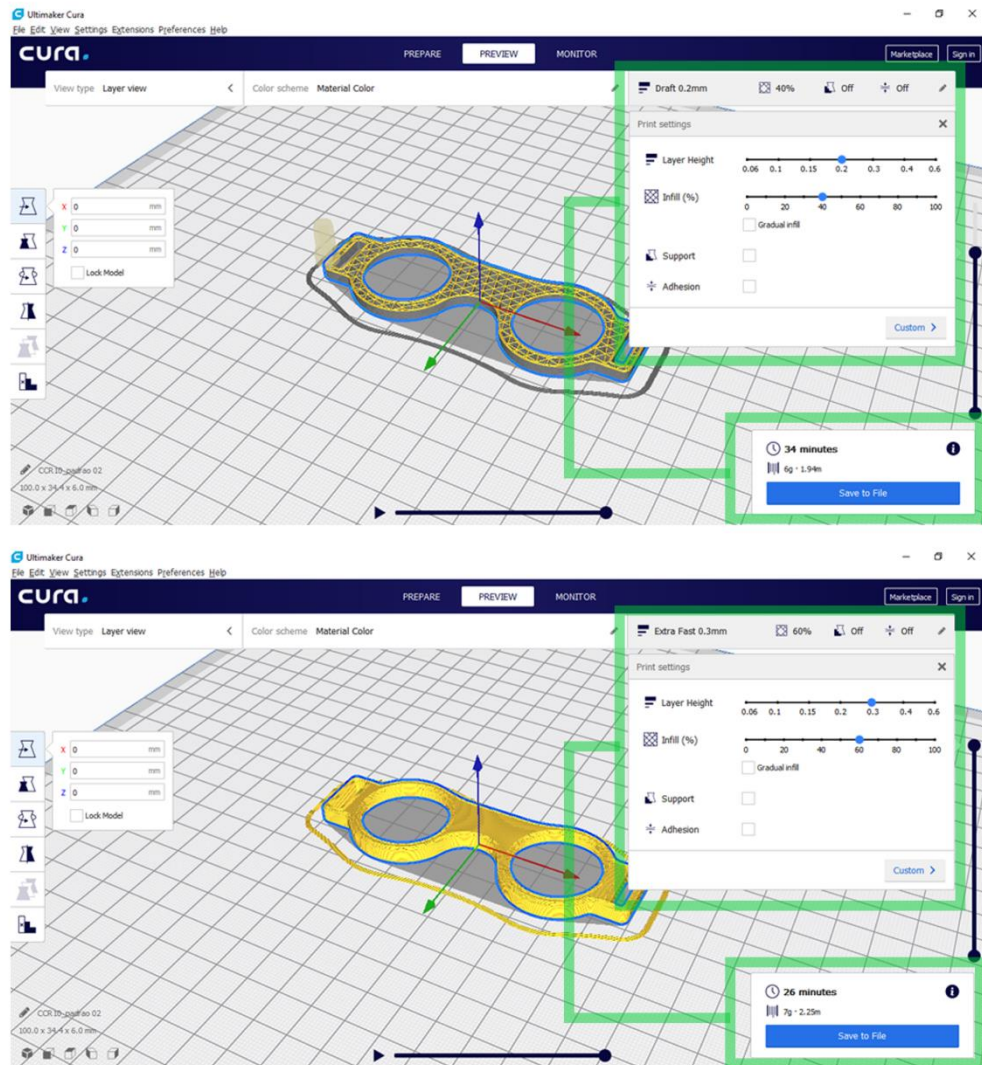
Ao levar o cursor do mouse à área de informação (destaque verde), tem-se o detalhamento dessas informações, separadas por classificação estrutural. Outro detalhe que pode ser visto nesta etapa, consiste na construção da estrutura interna da peça.



05. AJUSTAR CONFIGURAÇÃO

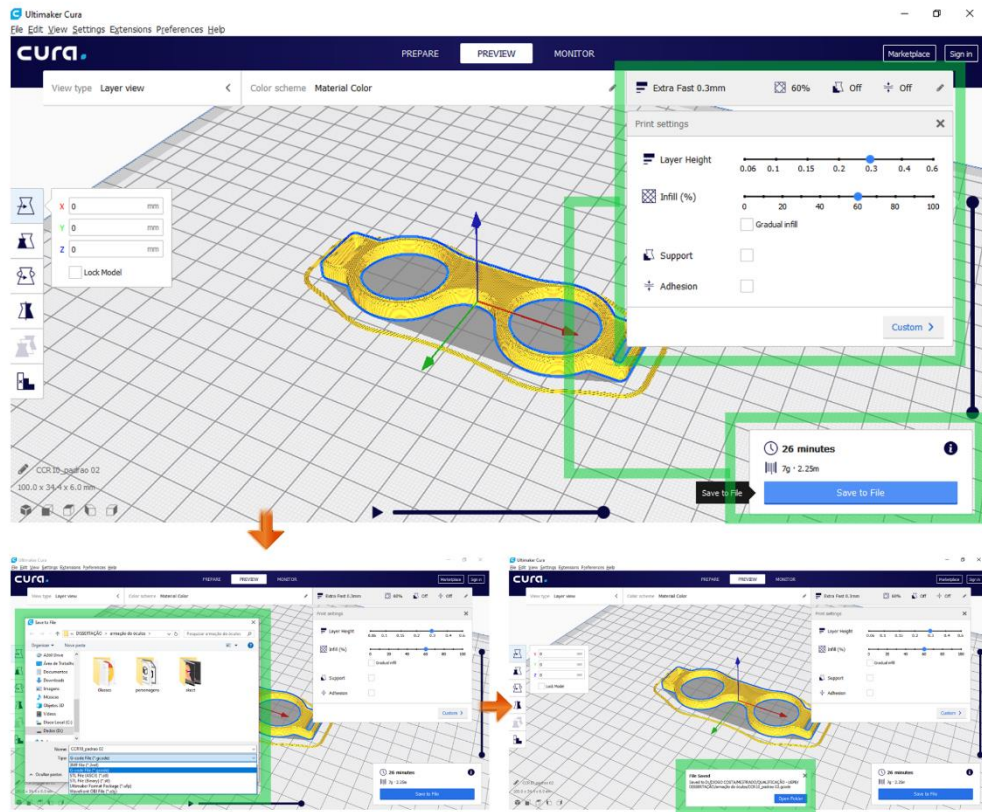
Também é possível alterar a configuração da estrutura da peça, através dos parâmetros, após a seleção do slice, para tal, torna-se necessário clicar na área de configuração para impressão (destaque verde) e alterar os parâmetros.

Com isso, a forma estrutural interna da peça será modificada automaticamente, bem como os valores de tempo para impressão, quantidade de material empregado, etc.



06. FINALIZAR O ARQUIVO

Por fim, usamos o comando Save to File (Salvar o Arquivo) para escolher o tipo de arquivo, podendo escolher os arquivos 3MF File, G-Code File, Stl File, Ultimaker Format Package ou Wavwfron OBJ File. Posteriormente, deve-se selecionar a pasta destino do arquivo, e então, editar o nome do arquivo



No caso do presente projeto, utilizamos a extensão de arquivo g-code, contudo, esse arquivo pode ser diferente, caso o modelo de impressora não aceite-o.



nutes
NÚCLEO DE TECNOLOGIAS ESTRATÉGICAS EM SAÚDE

REFERÊNCIA:

COSTA, Diogo; OLIVEIRA, Najda. Tutorial: ultimaker cura. Campina Grande: NUTES/UEPB, 2019. Disponível em: <<https://diogopontes102.wixsite.com/website>>.. Acesso em: __.

APÊNDICE J – QUESTIONÁRIO

25/09/2019

QUESTIONÁRIO TUTORIAL ONSHAPE

QUESTIONÁRIO TUTORIAL ONSHAPE

Este questionário representa uma das etapas da pesquisa proposta pela dissertação de Mestrado intitulada "Elaboração de protocolo para confecção de dispositivo corretivo ocular customizado impresso 3D para crianças acometidas com microcefalia", que tem como objetivo propor um modelo de protocolo para criação de produtos impressos em 3D em softwares de livre acesso. Para atingir tal objetivo solicitamos a sua colaboração respondendo as questões a seguir. A sua participação, como projetista/designer, é essencial para a continuidade dessa pesquisa. Desde já, agradeço a sua participação.

Pesquisador: Diogo Pontes Costa.

(Solicite os documentos de base o desenvolvimento da modelagem via email:
diogopontes102@gmail.com)

***Obrigatório**

1. 1. Identifique-se (Nome Completo) *

2. 1.1 Gênero

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Masculino
- ☐ Feminino
- ☐ Outro:

3. 1.2 Faixa Etária *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Até 20 anos
- ☐ Entre 20 e 25 anos
- ☐ Entre 25 e 30 anos
- ☐ Mais de 30 anos
- ☐ Outro:

4. 1.3 Cidade que Reside *

5. 1.4 Profissão *

25/09/2019

QUESTIONÁRIO TUTORIAL ONSHAPE

6. 1.5 Escolaridade **Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Superior em andamento
- ☐ Superior incompleto
- ☐ Nível Superior Completo
- ☐ Pós graduação (Especialização)
- ☐ Mestrado
- ☐ Doutorado

7. 2. Você já usou algum protocolo (tutorial), em formato de apostila, para criação de produto tridimensional virtual? **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

8. 2.1 Se a resposta anterior foi SIM, indique qual(is) Software(s) **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Rhinoceros
- ☐ AutoCAD
- ☐ Inventor
- ☐ Catia
- ☐ Zbrush
- ☐ Blender
- ☐ Outro: _____

9. 2.2 Se a resposta foi SIM na questão 2, indique para qual tipo de produto **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Peça mecânica
- ☐ Utensílios Domésticos
- ☐ Personagens
- ☐ Embalagens
- ☐ Peças de Vestuário

10. Você é um Robô? **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ SIM
- ☐ NÃO

11. 2.3 Em geral, você conseguiu concluir a(s) modelagem(ns)? **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sempre
- ☐ Sim, na maioria dos casos
- ☐ Sim, em alguns casos
- ☐ Nunca

25/09/2019

QUESTIONÁRIO TUTORIAL ONSHAPE

12. 2.4 Se a resposta anterior foi NÃO, Indique quais fatores contribuíram para a não conclusão do trabalho **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Pouca experiência no Software
- ☐ Produtos complexos
- ☐ Linguagem complicada do tutorial
- ☐ Informações incompletas
- ☐ Poucas ilustrações, dificultando a leitura visual
- ☐ Outro: _____

13. 3 Qual sua experiência prévia no software OnShape? **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Primeiro contato
- ☐ Menos de 01 mês
- ☐ Entre 01 e 06 meses
- ☐ Entre 06 e 12 meses
- ☐ Experiente

14. 3.1 Qual foi a sua primeira impressão da interface do software Onshape? **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Achei um software intuitivo
- ☐ Complexo e pouco intuitivo
- ☐ Achei agradável visualmente
- ☐ Outro: _____

15. 3.2 Você sentiu falta de algum comando para modelagem de produtos no Onshape? **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

16. 3.2.1 Se sua resposta anterior foi SIM, indique qual? *

17. 3.3 Você conseguiu completar a modelagem do produto? **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Outro: _____

25/09/2019

QUESTIONÁRIO TUTORIAL ONSHAPE

18. 3.4 Indique qual(is) principal(is) dificuldade(s) na leitura do protocolo: **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Pouca experiência no Software
- ☐ Produtos complexos
- ☐ Linguagem complicada do tutorial
- ☐ Informações incompletas
- ☐ Poucas ilustrações, dificultando a leitura visual
- ☐ Outro: _____

19. 3.5 Qual foi a etapa mais complicada: **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Construção do esboço principal
- ☐ Aplicação das extrusões
- ☐ Construção e posicionamento dos esboços auxiliares
- ☐ Aplicação do espelhamento
- ☐ Aplicação dos fillets
- ☐ Construção e posicionamento do sistema de encaixe
- ☐ Exportar o arquivo
- ☐ Outro: _____

20. 3.6 Qual tempo médio foi necessário para concluir o trabalho? **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ 00 à 10 minutos
- ☐ 10 à 30 minutos
- ☐ 30 à 60 minutos
- ☐ 60 à 120 minutos
- ☐ Mais de 120 minutos

Powered by



ANEXO A - CRITÉRIOS DO *OPEN SOURCE*

Código aberto não significa apenas acesso ao código fonte. Os termos de distribuição do software de código aberto devem estar de acordo com os seguintes critérios:

1. Redistribuição Livre:

A licença não deve restringir qualquer das partes de vender ou doar o software como um componente de uma distribuição agregada de software, contendo programas oriundos de várias fontes diferentes. A licença não deve exigir royalties ou qualquer outro tipo de pagamento para venda.

2. Código Fonte:

O programa deve incluir o código fonte, e deve permitir a distribuição na forma de código fonte bem como na forma compilada. Quando alguma forma do produto não é distribuída com o código fonte, é necessário haver meios bem divulgados para obtenção do código por não mais que um custo razoável de reprodução, preferencialmente através de download pela Internet gratuitamente. O código fonte deve ser a forma preferencial pela qual um programador alteraria o programa. Código fonte obscurecido deliberadamente não é permitido. Formas intermediárias, como a saída de um processador ou tradutor, não são permitidas.

3. Trabalhos Derivados:

A licença deve permitir modificações e trabalhos derivados e precisa permitir que eles sejam distribuídos sob os mesmos termos da licença do software original.

4. Integridade do Código Fonte do Autor:

A licença pode restringir a distribuição de código fonte em forma modificada somente se a licença permitir a distribuição de “arquivos de patch” com o código fonte para o propósito de modificar o programa em tempo de compilação. A licença deve permitir explicitamente a distribuição do software compilado a partir de um código modificado. A licença pode exigir que trabalhos derivados usem um nome ou número de versão diferentes do original.

5. Sem Discriminação a Pessoas ou Grupos:

A licença não deve discriminar qualquer pessoa ou grupo de pessoas.

6. Sem Discriminação a Áreas de Empreendimento:

A licença não deve restringir qualquer pessoa a fazer uso do programa em uma área de empreendimento específica. Por exemplo, ela não pode restringir o uso do programa comercialmente ou o uso em pesquisas genéticas.

7. Distribuição da Licença:

Os direitos associados ao programa devem ser aplicáveis a todos para quem o programa é redistribuído, sem a necessidade de execução de licenças adicionais para essas partes.

8. A Licença Não Deve Ser Específica a um Produto:

Os direitos associados ao programa não devem depender dele ser parte de uma distribuição específica de software. Caso o programa seja extraído dessa distribuição e usado ou distribuído nos termos da licença do programa, todas as partes para as quais o programa é redistribuído devem ter os mesmos direitos que aqueles concedidos em conjunto com a distribuição de software original.

9. A Licença Não Deve Restringir Outro Software:

A licença não deve colocar restrições em outro software que seja distribuídos junto com o software licenciado. Por exemplo, a licença não deve exigir que todos outros programas distribuídos no mesmo meio sejam software de código aberto.

10. A Licença Deve Ser Neutra às Tecnologias

Nenhuma condição da licença deve ser estabelecida em uma tecnologia individual específica ou estilo de interface.