

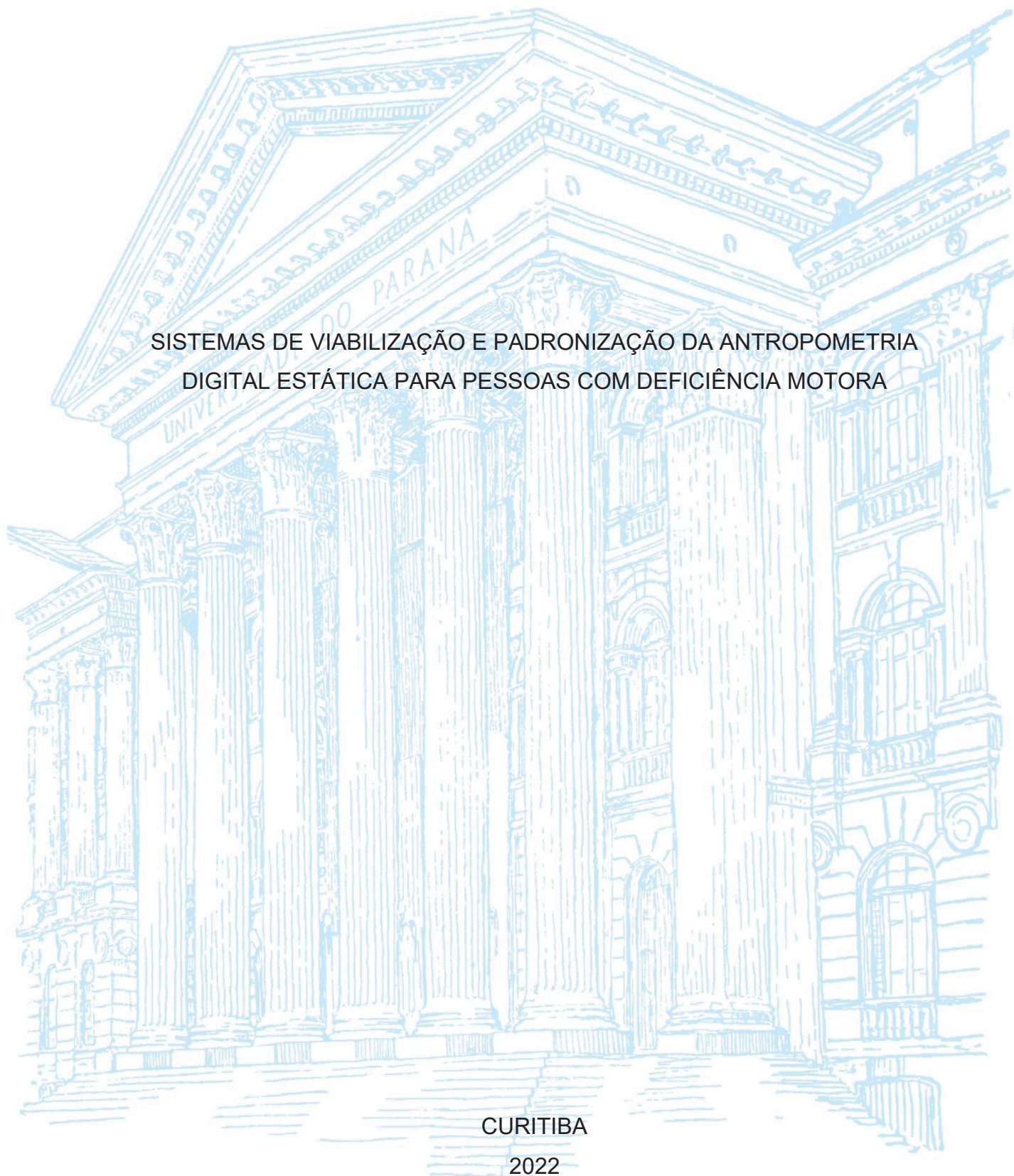
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ISABELLA DE SOUZA SIERRA

SISTEMAS DE VIABILIZAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DA ANTROPOMETRIA
DIGITAL ESTÁTICA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA MOTORA

CURITIBA

2022



ISABELLA DE SOUZA SIERRA

SISTEMAS DE VIABILIZAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DA ANTROPOMETRIA
DIGITAL ESTÁTICA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA MOTORA

Tese de doutorado apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Design, no Curso de Pós-Graduação em Design, Setor de Artes, Comunicação e Design, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lúcia L. R. Okimoto
Coorientador: Prof. Dr. Márcio Fontana Catapan

CURITIBA
2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS HUMANAS

Sierra, Isabella de Souza

Sistemas de viabilização e padronização da antropometria digital estática para pessoas com deficiência motora / Isabella de Souza Sierra. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Humanas, Letras e Artes, Programa de Pós-Graduação em Design.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto.

Coorientador: Prof. Dr. Márcio Fontana Catapan.

1. Antropometria digital. 2. Digitalização tridimensional.
3. Tecnologia assistiva. I. Okimoto, Maria Lúcia Leite Ribeiro, 1960. II. Catapan, Márcio Fontana, 1979. III. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Design.
IV. Título.

Bibliotecária: Romilda Aparecida dos Santos CRB-9/1214

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação DESIGN da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **ISABELLA DE SOUZA SIERRA** intitulada: **Sistemas de viabilização e padronização da antropometria digital estática para pessoas com deficiência motora**, sob orientação da Profa. Dra. MARIA LUCIA LEITE RIBEIRO OKIMOTO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 11 de Maio de 2022.

Assinatura Eletrônica

12/05/2022 11:24:09.0

MARIA LUCIA LEITE RIBEIRO OKIMOTO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

28/06/2022 13:41:29.0

LUIS CARLOS PASCHOARELLI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE EST. PAULISTA JÚLIO DE
MESQUITA FILHO)

Assinatura Eletrônica

12/05/2022 18:03:43.0

EUGENIO ANDRES DIAZ MERINO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA)

Assinatura Eletrônica

12/05/2022 08:57:25.0

KELLI CRISTINE ASSIS DA SILVA SMYTHE

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

12/05/2022 20:29:25.0

JOSE AGUIOMAR FOGGIATTO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Aos meus amigos e família.

À universidade pública, Universidade Federal do Paraná, e seus diversos professores, colaboradores e servidores.

Às instituições de fomento à pesquisa: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Aos participantes e demais pesquisadores e especialistas que contribuíram para a realização deste trabalho.

*“When design meets disability,
this meeting will change design itself.”*

(PULLIN, 2009, p. 307)

RESUMO

O dimensionamento adequado de produtos é essencial para a qualidade de vida das pessoas. Especialmente quando se refere aos produtos de tecnologia assistiva que devem ser customizados para as morfologias corporais dos usuários. A área de pesquisa associada com o estudo das dimensões corporais é a antropometria. Com a popularização das tecnologias de digitalização tridimensional surge uma nova área, a antropometria digital, que se preocupa com a digitalização do indivíduo para a coleta digital de medidas e morfologias corporais. A partir de revisão da literatura, evidenciou-se a dificuldade, ocasional impossibilidade e desinteresse na coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora. Identificou-se que isso se dá, principalmente, pela complexidade de planejamento do processo e pela incompatibilidade entre a tecnologia de coleta, os escâneres 3D e a dificuldade do público em manter-se nas posições necessárias pelo tempo exigido. Por esse motivo perguntou-se: Como pode ser feita a coleta de antropometria digital do corpo inteiro de pessoas com deficiência motora com o objetivo de desenvolvimento produtos adaptados para suas morfologias corporais? Essa foi respondida a partir da aplicação do método *Design Science Research*, que é propositivo, iterativo e que pauta a solução de problemas a partir do desenvolvimento de artefatos. A solução encontrada foi o desenvolvimento de um sistema para a coleta de antropometria digital estática de pessoas com deficiência motora. Inicialmente foi criado um sistema minimamente viável que pudesse ser consecutivamente avaliado e aprimorado. Esse processo de design iterativo permitiu que o aprimoramento da solução tivesse uma base técnica e que fosse visível a motivação das alterações realizadas. Para tanto utilizaram-se avaliações técnicas como prototipagem, simulações e análises estruturais, bem como realizaram-se alterações baseadas na experiência de especialistas para aprimorar o sistema de modo que pudesse ser incorporado em suas atividades práticas. O sistema desenvolvido é composto por: um protocolo de realização e padronização da antropometria digital; ferramentas para auxílio das atividades relacionadas ao protocolo; uma plataforma digital de registro dessas atividades; e um dispositivo ortoposicionador. O dispositivo consiste em um produto fabricado em acrílico e metal que permite a digitalização do corpo inteiro de pessoas em diversas posições sentadas padronizadas. Este pode ser usado por pessoas que não podem manter-se em pé autonomamente, para serem digitalizadas em posições especialmente selecionadas que facilitam a coleta da antropometria e o desenvolvimento de produtos para esse público. O resultado final do sistema, chamado de ADap, é apresentado e prototipado junto a pessoa com deficiência motora e pesquisadores, para os quais a solução foi desenvolvida. Os desfechos da sua aplicação são medidas antropométricas associadas com informações referentes à funcionalidade e fisicalidade dos participantes, modelos humanos digitais que consideram a sua morfologia completa e a possibilidade de geração de múltiplos produtos adaptados baseados em um mesmo conjunto de digitalizações. Conclui-se assim que o sistema desenvolvido viabiliza e padroniza a realização de antropometria digital estática e design de produtos de tecnologia assistiva para pessoas com deficiência motora e cria um ambiente propício para o avanço de pesquisas na área.

Palavras-chave: Antropometria digital. Digitalização tridimensional. Deficiência motora. Tecnologia assistiva.

ABSTRACT

Proper sizing of products is essential for people's quality of life. Especially when it comes to assistive technology products that must be customized to the users' body morphologies. The area of research associated with the study of body dimensions is anthropometry. With the popularization of three-dimensional scanning technologies, a new area arises, digital anthropometry, which is concerned with the digitization of the individual for the digital collection of measurements and body morphologies. Based on a review of the literature, the difficulty, occasional impossibility and lack of interest in collecting digital anthropometry of people with motor disabilities became evident. This is mainly due to the complexity of the planning process and the incompatibility between the scanning technology, 3D scanners and the difficulty of the public to remain in the necessary positions for the required time. For this reason, the following question was asked: How can digital anthropometry be collected from the whole body of people with motor disabilities with the aim of developing products adapted to their body morphologies? This was answered through the application of the Design Science Research method, which is purposeful, iterative and guides the solution of problems by the development of artifacts. The solution was the development of a system to collect static digital anthropometry from people with physical disabilities. Initially, a minimally viable system was created that could be consecutively evaluated and improved. This iterative design process allowed the improvement of the solution to have a technical basis and the motivation for the changes to be visible. For that, technical evaluations such as prototyping, simulations and structural analysis were used, as well as changes were made based on the experience of specialists to improve the system so that it could be incorporated into their practical activities. The developed system comprises of: a protocol for performing and standardizing digital anthropometry; tools to support protocol-related activities; a digital platform for recording these activities; and an orthopositioning device. The device consists of a product made of acrylic and metal that allows scanning the entire body of people in various standardized sitting positions. This can be used by people who cannot stand autonomously, to be scanned in specially selected positions that facilitate anthropometry measurements collection and the development of products for this audience. The final result of the system, called ADap, is presented and prototyped together with people with motor disabilities and researchers, for whom the solution was developed. The outcomes of its application are anthropometric measurements associated with information regarding the functionality and physicality of the participants, digital human models that consider their complete morphology and the possibility of generating multiple adapted products based on the same set of scans. It is thus concluded that the developed system enables and standardizes the performance of static digital anthropometry and design of assistive technology products for people with physical disabilities and creates an environment conducive to the advancement of research in the area.

Keywords: Digital anthropometry. Three-dimensional scanning. Motor disability. Assistive technology.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	CLASSE DE PROBLEMAS E PROBLEMAS ASSOCIADOS	22
FIGURA 2 -	INTERAÇÃO ENTRE OS TEMAS	33
FIGURA 3 -	COMPARATIVO DE MORFOLOGIAS CORPORAIS	38
FIGURA 4 -	FLUXO DO PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO 3D	40
FIGURA 5 -	PONTOS ANATÔMICOS E REPRESENTAÇÃO NA MALHA	46
FIGURA 6 -	POSTURAS DA NORMA DIN 33402 E DA NORMA ISO 20685	47
FIGURA 7 -	VARIAÇÕES POSTURAIS EM POSIÇÕES NORMATIZADAS	51
FIGURA 8 -	VARIAÇÕES DIMENSIONAIS EM PÉ E DEITADO	52
FIGURA 9 -	DISPOSITIVOS DE POSICIONAMENTO EM PÉ	54
FIGURA 10 -	DISPOSITIVOS DE POSICIONAMENTO SENTADO – GRUPO 1 ...	54
FIGURA 11 -	DISPOSITIVOS DE POSICIONAMENTO SENTADO – GRUPO 2 ...	55
FIGURA 12 -	DISPOSITIVO DE POSICIONAMENTO DEITADO	56
FIGURA 13 -	CAMPO DE VISÃO DO KINECT	60
FIGURA 14 -	PROCEDIMENTOS DE OBTENÇÃO DAS MEDIDAS DIGITAIS	64
FIGURA 15 -	CLASSIFICAÇÃO DA PcDM POR PARTE DO CORPO AFETADA..	66
FIGURA 16 -	PROPOSTA DE MEDIDAS PARA PcDM	68
FIGURA 17 -	EXEMPLO DE COLETA INDIRETA DA GEOMETRIA	73
FIGURA 18 -	PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO COM DIGITALIZAÇÃO 3D	75
FIGURA 19 -	PRODUTO DESENVOLVIDO COM DIGITALIZAÇÃO 3D	75
FIGURA 20 -	CADEIA TEMÁTICA DA ABORDAGEM TEÓRICA	81
FIGURA 21 -	VISÃO GERAL DO MÉTODO	83
FIGURA 22 -	AMBIENTE EXPERIMENTAL	90
FIGURA 23 -	CADEIRA UTILIZADA NO EXPERIMENTO	91
FIGURA 24 -	ORGANIZAÇÃO DOS REQUISITOS	93
FIGURA 25 -	FILTRAGEM DA RBS	105
FIGURA 26 -	DIMENSÕES REAIS E ESCANEADAS SEM INFLUÊNCIA DO MATERIAL	108
FIGURA 27 -	FALHAS DE MOVIMENTAÇÃO	112
FIGURA 28 -	PÉS PENSOS E ENCOSTADOS NO CHÃO	112
FIGURA 29 -	FALHA NA DIGITALIZAÇÃO NAS COXAS E PÉS	113
FIGURA 30 -	TRANSIÇÃO DAS GEOMETRIAS COM E SEM APOIO	113

FIGURA 31 - REFLEXO DAS GEOMETRIAS COMPLEXAS DA CADEIRA.....	114
FIGURA 32 - MALHA IDEAL OBTIDA NO EXPERIMENTO	115
FIGURA 33 - ETAPAS DO PROTOCOLO	124
FIGURA 34 - VISÃO GERAL DOS RECURSOS E FLUXO DE INFORMAÇÃO ...	125
FIGURA 35 - VISTA AMPLIADA DAS ETAPAS DE NECESSIDADE E PLANEJAMENTO	125
FIGURA 36 - VISTA AMPLIADA DA ETAPA DE DIGITALIZAÇÃO	127
FIGURA 37 - VISTA AMPLIADA DA ETAPA DE PROCESSAMENTO	128
FIGURA 38 - VISTA AMPLIADA DAS ETAPAS DE APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO	129
FIGURA 39 - CORREÇÃO DAS GEOMETRIAS COLETADAS	141
FIGURA 40 - TRANSFORMAÇÃO DAS MORFOLOGIAS EM PRODUTOS	142
FIGURA 41 - PAINEL DE REFERÊNCIAS VISUAIS	145
FIGURA 42 - PRINCIPAIS ALTERNATIVAS GERADAS	146
FIGURA 43 - MODELOS EM PAPEL DAS ALTERNATIVAS SELECIONADAS ...	147
FIGURA 44 - ALTERNATIVAS FINAIS SELECIONADAS	149
FIGURA 45 - ALTERNATIVA FINAL DO DISPOSITIVO	150
FIGURA 46 - SOLUÇÃO DE TRANSFERÊNCIA PARA O DISPOSITIVO.....	150
FIGURA 47 - SOLUÇÃO DE REPOSICIONAMENTO NO DISPOSITIVO	151
FIGURA 48 - NOVA CONFIGURAÇÃO DO ASSENTO DO DISPOSITIVO.....	152
FIGURA 49 - ALTERNATIVAS PARA OS PÉS DO DISPOSITIVO.....	152
FIGURA 50 - SUPORTES DO DISPOSITIVO.....	153
FIGURA 51 - DISPOSITIVO ORTOPOSICIONADOR.....	154
FIGURA 52 - PLANO DE CORTE DO ASSENTO (cm)	155
FIGURA 53 - PERFIL LATERAL DOS PÉS (cm)	155
FIGURA 54 - COMPONENTES PRÉ-FABRICADOS DO SUPORTE	156
FIGURA 55 - DETALHE DE MONTAGEM DO DISPOSITIVO.....	156
FIGURA 56 - POSIÇÕES POSSÍVEIS COM O DISPOSITIVO	157
FIGURA 57 - SUPORTES E FAIXAS DE SEGURANÇA DO DISPOSITIVO	158
FIGURA 58 - TRANSFERÊNCIAS DO DISPOSITIVO	159
FIGURA 59 - PLANO DE CONSTRUÇÃO DO <i>MOCKUP</i>	162
FIGURA 60 - <i>MOCKUP</i> DO DISPOSITIVO.....	162
FIGURA 61 - PLANO DE CORTE DO ASSENTO OTIMIZADO (cm).....	163
FIGURA 62 - PLANO DE FABRICAÇÃO DO PERFIL LATERAL DOS PÉS OTIMIZADO (cm)	163

FIGURA 63 -	SIMULAÇÕES ESTRUTURAIS DOS PÉS - PERFIL QUADRADO	164
FIGURA 64 -	SIMULAÇÕES ESTRUTURAIS DOS PÉS - PERFIL REDONDO ...	165
FIGURA 65 -	SIMULAÇÕES ESTRUTURAIS DO ASSENTO DISPOSITIVO.....	165
FIGURA 66 -	SIMULAÇÃO DE DEFORMAÇÃO DO ASSENTO EXAGERADA EM 50 VEZES	166
FIGURA 67 -	RENDERIZAÇÃO DO DISPOSITIVO COM AS DIMENSÕES FINAIS	167
FIGURA 68 -	CAPTURE DA TELA DA ANIMAÇÃO DO USO DO DISPOSITIVO	168
FIGURA 69 -	QUADROS DA ANIMAÇÃO DO USO DO DISPOSITIVO	169
FIGURA 70 -	PROCEDIMENTOS DE TRANSFERÊNCIA PARA A POSIÇÃO PRONA	170
FIGURA 71 -	PROTÓTIPO DO DISPOSITIVO	171
FIGURA 72 -	PARTICIPANTES EM TESTE DO DISPOSITIVO	171
FIGURA 73 -	ESQUEMA DOS PARÂMETROS DE ESCANEAMENTO	172
FIGURA 74 -	INFLUÊNCIAS DOS PERFIS ESTRUTURAIS DO PROTÓTIPO NA MALHA OBTIDA	174
FIGURA 75 -	COMPOSIÇÃO DAS MALHAS DA PARTICIPANTE 4	176
FIGURA 76 -	MALHA COMBINADA PARA UTILIZAÇÃO DAS GEOMETRIAS....	176
FIGURA 77 -	FABRICAÇÃO E COMPONENTES DOS SUPORTES.....	177
FIGURA 78 -	VERSÕES DO SISTEMA AVALIADAS	179
FIGURA 79 -	ALTERAÇÕES DE CONTEÚDO ETAPA NECESSIDADE	180
FIGURA 80 -	ALTERAÇÕES DE CONTEÚDO ETAPA PLANEJAMENTO	181
FIGURA 81 -	ALTERAÇÕES DE CONTEÚDO ETAPA DIGITALIZAÇÃO	182
FIGURA 82 -	ALTERAÇÕES DE CONTEÚDO ETAPA PROCESSAMENTO	183
FIGURA 83 -	ALTERAÇÕES DE CONTEÚDO ETAPA APLICAÇÃO	184
FIGURA 84 -	ALTERAÇÕES DE CONTEÚDO ETAPA AVALIAÇÃO	185
FIGURA 85 -	ETAPA DE PLANEJAMENTO NA VERSÃO EM WORD EDITÁVEL	187
FIGURA 86 -	FERRAMENTA DE CLASSIFICAÇÃO DAS PcDM SEMIAUTOMATIZADA	188
FIGURA 87 -	FERRAMENTA DE CLASSIFICAÇÃO DAS PcDM AUTOMATIZADA	190
FIGURA 88 -	ADap - TELA 1 - APRESENTAÇÃO	193
FIGURA 89 -	ADap - TELA 2 - VISÃO GERAL	193

FIGURA 90 - ADap - TELA 3 - IDENTIFICAÇÃO DA NECESSIDADE	194
FIGURA 91 - ADap - TELA 4 - CONVITE DE PARTICIPAÇÃO	194
FIGURA 92 - ADap - TELA 5 - TERMOS DE CONSENTIMENTO	195
FIGURA 93 - ADap - TELA 6 - AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA PcDM	195
FIGURA 94 - ADap - TELA 7 - SELEÇÃO DO ESCÂNER E SOFTWARE	196
FIGURA 95 - ADap - TELA 8 - PLANEJAMENTO DE ESCANEAMENTO	196
FIGURA 96 - ADap - TELA 9 - PREPARAÇÃO DO AMBIENTE	197
FIGURA 97 - ADap - TELA 10 - TROCA DE ROUPAS	197
FIGURA 98 - ADap - TELA 11 - PREPARAÇÃO DO DISPOSITIVO	198
FIGURA 99 - ADap - TELA 12 - MARCAÇÃO DOS PONTOS ANATÔMICOS	198
FIGURA 100 - ADap - TELA 13 - PREPARAÇÃO DA PcDM	199
FIGURA 101 - ADap - TELA 14 - POSICIONAMENTO DA PcDM	199
FIGURA 102 - ADap - TELA 15 - ESCANEAMENTO	200
FIGURA 103 - ADap - TELA 16 - OBTENÇÃO DA MALHA	200
FIGURA 104 - ADap - TELA 17 - AVALIAÇÃO DA MALHA	200
FIGURA 105 - ADap - TELA 18 - CORREÇÃO DA MALHA	201
FIGURA 106 - ADap - TELA 19 - RETIRADA DE GEOMETRIAS E MEDIDAS	202
FIGURA 107 - ADap - TELA 20 - ANÁLISE DOS DADOS	202
FIGURA 108 - ADap - TELA 21 - PLANEJAMENTO DO PRODUTO	203
FIGURA 109 - ADap - TELA 22 - DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO	203
FIGURA 110 - ADap - TELA 23 - AVALIAÇÃO DO PRODUTO	204
FIGURA 111 - ADap - TELA 24 - ENTREGA DO PRODUTO	204
FIGURA 112 - ADap - TELA 25 - AVALIAÇÃO DO PROCESSO	204
FIGURA 113 - ADap - TELA 26 - RELATÓRIO	205
FIGURA 114 - PcDM NA POSE SUPINA 1 (T1, B1, P2)	211
FIGURA 115 - PcDM NA POSE SUPINA 2 (T1, B1, P1)	212
FIGURA 116 - PcDM NA POSE PRONA (T2, B4, P3)	213
FIGURA 117 - CRIAÇÃO DO MODELO HUMANO DIGITAL DA PcDM	216
FIGURA 118 - REPOSICIONAMENTO DO MODELO HUMANO DIGITAL DA PcDM	218
FIGURA 119 - DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO	219
FIGURA 120 - DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DO ASSENTO	219
FIGURA 121 - PROVA DO PROTÓTIPO DO ASSENTO ADAPTADO	220

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - QUADRO TEÓRICO	29
QUADRO 2 - DIFICULDADES IDENTIFICADAS NOS TRABALHOS RELACIONADOS.....	32
QUADRO 3 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA DIGITALIZAÇÃO 3D	41
QUADRO 4 - VALIDAÇÃO DE ESCÂNERES PARA ANTROPOMETRIA DIGITAL.....	43
QUADRO 5 - COMPARATIVO DAS DUAS VERSÕES DO KINECT	57
QUADRO 6 - FATORES QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DA MALHA.....	61
QUADRO 7 - POSSÍVEIS FALHAS ENCONTRADAS NA MALHA.....	62
QUADRO 8 - COMPARATIVO ENTRE OS INSTRUMENTOS DE CLASSIFICAÇÃO	72
QUADRO 9 - COMPATIBILIDADES E INCOMPATIBILIDADES ENTRE A COLETA DE ANTROPOMETRIA E O PÚBLICO DE PcDM	82
QUADRO 10 - CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	85
QUADRO 11 - ESTRATÉGIAS DE PESQUISA	86
QUADRO 12 - TERMOS ADICIONADOS NAS <i>STRINGS</i> DE BUSCA DA RBS	88
QUADRO 13 - CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES NA ETAPA DE AVALIAÇÃO.....	99
QUADRO 14 - CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES NA ETAPA DE PROTOTIPAGEM	100
QUADRO 15 - MATERIAIS	102
QUADRO 16 - UNIDADES DE ANÁLISE	103
QUADRO 17 - FALHAS ENCONTRADAS NA DIGITALIZAÇÃO	107
QUADRO 18 - MALHAS RESULTANTES DO ESCANEAMENTO	111
QUADRO 19 - REQUISITOS DE DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO	117
QUADRO 20 - REQUISITOS DOS USUÁRIOS DO PROTOCOLO	118
QUADRO 21 - REQUISITOS DE DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO	119
QUADRO 22 - REQUISITOS DOS USUÁRIOS DO DISPOSITIVO	120
QUADRO 23 - QUESTÕES PARA AVALIAÇÃO DO SISTEMA.....	122
QUADRO 24 - QUALIFICADORES PARA CLASSIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE.....	131
QUADRO 25 - CLASSIFICAÇÃO CIF DO PARTICIPANTE.....	132
QUADRO 26 - RECOMENDAÇÕES DE ALTERAÇÃO DO SISTEMA	133
QUADRO 27 - CHECKLIST PARA A MONTAGEM DO AMBIENTE.....	136

QUADRO 28 - CHECKLIST PARA A PREPARAÇÃO DO PARTICIPANTE	136
QUADRO 29 - AVALIAÇÃO DAS PRINCIPAIS ALTERNATIVAS.....	148
QUADRO 30 - RESULTADOS DO ESCANEAMENTO NA POSE SUPINA.....	173
QUADRO 31 - RESULTADOS DO ESCANEAMENTO NA POSE PRONA	175
QUADRO 32 - CLASSIFICAÇÃO DA PcDM	208
QUADRO 33 - MALHAS CORRIGIDAS	214
QUADRO 34 - AVALIAÇÃO QUEST DO PROTÓTIPO DO ASSENTO	221
QUADRO 35 - AVALIAÇÃO DA PROTOTIPAGEM DO SISTEMA	222

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ERRO MÁXIMO PERMITIDO ENTRE O VALOR EXTRAÍDO E O VALOR TRADICIONALMENTE MEDIDO	48
TABELA 2 - ERRO (mm) DE ACORDO COM A DISTÂNCIA AO OBJETO	58
TABELA 3 - PRECISÃO E CONFIANÇA DIMENSIONAL DO KINECT	59
TABELA 4 - PROPRIEDADES DOS MATERIAIS DO DISPOSITIVO	96
TABELA 5 - PARÂMETROS DE IMPRESSÃO	101
TABELA 6 - DIVERGÊNCIAS EM mm ENTRE AS MEDIDAS REAIS E AS COLETADAS	109
TABELA 7 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MALHA	139
TABELA 8 - MORFOLOGIAS E MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS (mm) DA PcDM	215

LISTA DE SIGLAS

3D	- Tridimensional
AD	- Antropometria Digital
ANOVA	- Análise de Variância
CAAE	- Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CEASAR	- Civilian American and European Surface Anthropometry Resource
CIF	- Classificação Internacional de Funcionalidade
DAM	- Desvio Médio Absoluto
DCU	- Design Centrado no Usuário
DSR	- Design Science Research
ETM	- Erro Técnico de Medição
FIM	- Functional Independence Measure
GMFM	- Gross Motor Function Measure
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICC	- Coeficiente de correlação intraclasse
ISO	- International Organization for Standardization
MFM	- Medida de Função Motora
OMS	- Organização Mundial da Saúde
PcD	- Pessoa com Deficiência
PcDM	- Pessoa com Deficiência Motora
RBI	- Revisão Bibliográfica Integrativa
RBN	- Revisão Bibliográfica Narrativa
RBS	- Revisão Bibliográfica Sistemática
SPS	- Seated Posture Scale
TA	- Tecnologia Assistiva
TCLE	- Termos de Consentimento Livre e Esclarecido
ToF	- Time of Flight

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	PROBLEMA E CLASSE DE PROBLEMAS	21
1.2	JUSTIFICATIVA.....	23
1.3	OBJETIVOS	25
1.3.1	Objetivo Geral	26
1.3.2	Objetivos Específicos	26
1.4	DELIMITAÇÃO DO ESCOPO.....	26
1.5	PANORAMA DOS ESTUDOS SOBRE O TEMA E INEDITISMO.....	28
1.6	ESTRUTURA DA TESE	34
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	36
2.1	ANTROPOMETRIA DIGITAL	36
2.1.1	Digitalização tridimensional	39
2.1.1.1	Escâner tridimensional	41
2.1.2	Validação da antropometria digital	42
2.1.3	Planejamento da antropometria digital.....	44
2.1.3.1	Roupas para a digitalização tridimensional	45
2.1.3.2	Pontos anatômicos (<i>landmarks</i>)	45
2.1.3.3	Posicionamento dos participantes	47
2.1.3.4	Erros de medição.....	48
2.1.4	Causas das variações dimensionais nas coletas antropométricas	50
2.1.5	Dispositivos de posicionamento.....	53
2.1.6	Escaneamento 3D com o Kinect	57
2.1.7	Tratamento, medição e utilização da malha.....	63
2.2	ANTROPOMETRIA E DIGITALIZAÇÃO DE PCDM	66
2.2.1	Antropometria de Pessoas com Deficiência Motora	67
2.2.2	Classificação de pessoas com deficiência	69
2.2.3	Design de produtos de TA utilizando digitalização 3D	72
2.3	PRINCÍPIOS DO DESIGN DE ARTEFATOS	75
2.4	SÍNTESE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	80
3	METODOLOGIA.....	83
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	84
3.2	FASES DA PESQUISA.....	85

3.2.1	Fase de exploração	86
3.2.1.1	Identificação do problema.....	87
3.2.1.2	Experimentação.....	88
3.2.2	Fase de proposição	92
3.2.2.1	Definição de requisitos	92
3.2.2.2	Proposta de solução	93
3.2.3	Fase de avaliação	95
3.2.3.1	Avaliação e aprimoramento do dispositivo	95
3.2.3.2	Avaliação e aprimoramento do sistema.....	98
3.2.3.3	Prototipagem do sistema	99
3.2.3.4	Generalização dos resultados para a classe de problemas	101
3.3	MATERIAIS E UNIDADES DE ANÁLISE	102
3.4	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS	103
4	RESULTADOS DA FASE DE EXPLORAÇÃO	105
4.1	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	105
4.2	EXPERIMENTAÇÃO	106
4.2.1	Escaneamento através de materiais transparentes	106
4.2.2	Escaneamento com dispositivo de posicionamento.....	110
5	RESULTADOS DA FASE DE PROPOSIÇÃO	116
5.1	DEFINIÇÃO DE REQUISITOS	116
5.1.1	Requisitos para o desenvolvimento do protocolo.....	116
5.1.2	Requisitos para o desenvolvimento do dispositivo ortoposicionador	118
5.1.3	Requisitos para a avaliação do sistema	121
5.1.4	Considerações dos requisitos para o desenvolvimento do sistema de viabilização da antropometria digital de pessoas com deficiência motora	122
5.2	PROPOSTA DE SOLUÇÃO	123
5.2.1	Desenvolvimento do protocolo	123
5.2.1.1	Ferramenta de classificação da PcDM para escaneamento.....	130
5.2.1.2	Checklists de preparação do ambiente e do participante	135
5.2.1.3	Ferramenta de avaliação da qualidade da malha	136
5.2.1.4	Guias básicos de correção da malha e desenvolvimento de produto	140
5.2.2	Desenvolvimento do dispositivo ortoposicionador	143
5.2.2.1	Geração de alternativas para o dispositivo ortoposicionador	144

5.2.2.2	Aprimoramento da alternativa final do dispositivo	151
5.2.2.3	Detalhamento da fabricação do dispositivo	154
5.2.2.4	Guia de uso do dispositivo ortoposicionador	156
5.3	CONSIDERAÇÕES DA FASE DE PROPOSIÇÃO	160
6	RESULTADOS DA FASE DE AVALIAÇÃO	161
6.1	AVALIAÇÃO E APRIMORAMENTO DO DISPOSITIVO	161
6.1.1	Avaliação funcional e estrutural do dispositivo via <i>mockup</i>	161
6.1.2	Avaliação estrutural do dispositivo via simulação virtual	164
6.1.3	Avaliação funcional do dispositivo via animação 3D	167
6.1.4	Fabricação e avaliação do protótipo do dispositivo	170
6.2	AVALIAÇÃO E APRIMORAMENTO DO SISTEMA	178
6.2.1	Alterações de conteúdo	180
6.2.2	Alterações de formato	186
6.3	CONSIDERAÇÕES DA FASE DE AVALIAÇÃO	191
7	ADAP - ANTROPOMETRIA DIGITAL ADAPTADA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA MOTORA.....	192
7.1	PROTOTIPAGEM DO SISTEMA.....	206
8	DISCUSSÃO E GENERALIZAÇÃO DOS RESULTADOS PARA A CLASSE DE PROBLEMAS.....	223
9	CONCLUSÃO.....	229
9.1	LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	233
	REFERÊNCIAS.....	235
	APÊNDICE A – ROTEIRO DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA POR ESPECIALISTAS	258
	APÊNDICE B – TERMOS DE CONSENTIMENTO.....	260
	APÊNDICE C – PRIMEIRA VERSÃO DO SISTEMA.....	263
	APÊNDICE D – RELATÓRIO ADAP – PROTOTIPAGEM	282

1 INTRODUÇÃO

No desenvolvimento de produtos adaptados, as suas configurações formais devem ser apropriadas e dimensionadas de acordo com os usuários. Para isso são realizados estudos antropométricos a partir dos quais são obtidas dimensões e morfologias corporais de indivíduos, ou grupos de indivíduos, e esses dados são disponibilizados aos desenvolvedores, projetistas e designers de produto.

Apesar disso, grupos de pessoas classificadas como minorias da população, são muitas vezes ignoradas e não são contemplados em estudos de coletas de medidas. Isso tem como consequência a inadequação dos produtos para as suas necessidades particulares. Esses grupos, que incluem pessoas com deficiência (PcDs), idosos, obesos, crianças e outras pessoas em situações temporárias como grávidas, não encontram uma grande gama de produtos adequados às suas necessidades e aos seus corpos. Segundo o IBGE (2010), último censo realizado, pessoas com deficiência compreendem 24% da população, idosos 10,8%, obesos 57% e crianças 20,5%, somando milhões de pessoas a serem beneficiadas por estudos antropométricos realmente contemplativos das diversidades populacionais.

Por consistirem em práticas que visam a padronização de conjuntos de medidas corporais para desenvolvimento de produtos, as posições adotadas nos estudos antropométricos são normatizadas como, por exemplo, pela ISO 7250-1 (2017). Essas posturas pressupõem a participação de pessoas fisicamente aptas que podem manter-se em pé e sentadas em posições pré-determinadas sustentadas pelo seu próprio tônus muscular. A padronização é benéfica pois garante a criação de bancos de dados com informações compatíveis entre si (NORTON; OLDS, 2005).

Crianças, obesos e idosos, em sua maioria, quando não possuem deficiências ou dificuldades associadas, podem participar fisicamente desses estudos assim como as populações padrão. Esse fato não é verdadeiro para pessoas com deficiência motora. Essa população não consegue, pela sua conformação corporal e deficiências associadas, atingir os requisitos normatizados (BRENDLER; TEIXEIRA, 2016; SIMS et al., 2012; STEINFELD et al., 2010b; BRADTMILLER, 2000). Especialmente aquelas pessoas que têm dificuldade de locomoção e que se utilizam de cadeira de rodas.

Assim, apesar da falta de interesse, as minorias que podem se colocar em posições padronizadas necessárias para a coleta de dados antropométricos, como por exemplo, na posição em pé, ereta, sem apoio, com os membros superiores ao

lado do corpo ou estendidos à frente, por um determinado período de tempo, precisam de maior interesse por parte da indústria. Já as pessoas com deficiência motora, além disso, precisam de procedimentos, métodos e sistemas que se adequem às suas necessidades. Para que assim seja possível a realização das coletas e o posterior desenvolvimento de produtos adequados.

Ainda, ao averiguar sobre a existência de estudos recentes na área de antropometria, encontrou-se que os métodos mais utilizados hoje são baseados nas tecnologias de digitalização tridimensional que geram modelos humanos digitais com dimensões e morfologias reais, a partir dos quais podem-se obter medidas e morfologias corporais (THELWELL et al., 2020; YU; KIM, 2020; NACE; TIERNAN; NÍ ANNAIDH, 2019). Essas tecnologias se popularizaram nos últimos 20 anos com a redução de custo e automatização do processamento que democratizam seu acesso. Elas aliam qualidade de captura de medidas e rapidez nas coletas (BRENDLER; TEIXEIRA, 2016; COSTA et al., 2015). Essa maneira de se obter dimensões e morfologias corporais a partir de digitalização tridimensional é conhecida como antropometria digital (HEYMSFIELD et al., 2018).

Apesar de promissora, essa tecnologia ainda não consegue ser utilizada para a antropometria digital (AD) de corpo inteiro de pessoas com deficiência motora pois depende do seu posicionamento em pé em frente ao escâner digitalizador e permanência da posição estática na duração do tempo de escaneamento. Nesse sentido, o principal público afetado é aquele que possui desequilíbrio, tenacidade muscular atípica, ausência de membros inferiores, entre outros.

Encontra-se, assim, num contexto em que o acesso à uma tecnologia que pode facilitar o processo de obtenção de medidas antropométricas e morfologias corporais, e conseqüentemente a acessibilidade a produtos melhor adaptados, é cada vez maior. Mas, no qual essa tecnologia ainda não pode ser amplamente utilizada para o público de pessoas com deficiência motora dada a incompatibilidade entre os requisitos da tecnologia e as necessidades e capacidades do público.

1.1 PROBLEMA E CLASSE DE PROBLEMAS

A afirmação da incompatibilidade entre a tecnologia e o público se insere em uma classe de problemas que pode ser denominada “Antropometria digital de pessoas

com deficiência motora”. A classe de problemas envolve uma série de outros problemas que permeiam essa questão e são esquematizados na Figura 1.

FIGURA 1 - CLASSE DE PROBLEMAS E PROBLEMAS ASSOCIADOS



FONTE: A autora (2022).

Pode se dividir em quatro problemas principais que se relacionam como apontados por Schwarz-Müller, Marshall e Summerskill (2018), Crytzer et al. (2016), Gill, Hayes e Parker (2016), Molenbroek, Mantas e Bruin (2011) entre outros autores. Eles são, a necessidade de desenvolvimento de normas que comportem esse público, que abrange a padronização dos componentes envolvidos; a necessidade da realização de estudos antropométricos populacionais de modo a gerar dados apropriados e adaptadas às suas realidades; a mitigação das incompatibilidades entre a tecnologia e o público incluindo soluções de acessibilidade e capacidade técnica; e o desenvolvimento de recursos de tecnologia assistiva (TA), que se utilizem das tecnologias recentes para a maior eficácia e eficiência.

Nesta tese optou-se por trabalhar a questão da classe que é relativa à mitigação das incompatibilidades entre a tecnologia e o público considerando o desenvolvimento de produtos adaptados. A partir dessa contextualização propõe-se como pergunta desta pesquisa: **Como pode ser feita a coleta de antropometria digital do corpo inteiro de pessoas com deficiência motora com o objetivo de desenvolvimento produtos adaptados para suas morfologias corporais?** Ainda mais, a proposta de solução é voltada para o desenvolvimento de assentos adaptados, órteses de tronco e vestuários para usuários de cadeira de rodas. Visto que soluções tangentes que se

preocupam com a digitalização de membros são mais facilmente solucionadas, pois não envolvem a necessidade de digitalização de grande parte do corpo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Para as pessoas com deficiência motora é indispensável o desenvolvimento de produtos que sejam bem adaptados às suas necessidades e características físicas, pois esses fatores são imprescindíveis para a sua qualidade de vida, saúde e segurança. Nesse contexto o design desempenha o papel de agente transformador social (BECCARI, 2018; CARDOSO, 2004; LÖBACH, 2001; PAPANEEK; FULLER, 1972), sendo capaz de realizar mudanças em ambientes, produtos e serviços que considerem e incluam as pessoas com deficiência.

Na criação de tais produtos, denominados como recursos de tecnologia assistiva, pois se tratam de objetos, sistemas e serviços que auxiliam, ou assistem, as pessoas na realização de atividades de suas vidas diárias (BRASIL, 2015), a adaptação do produto à pessoa é o principal fator valorizado. A qualidade dessa adaptação é diretamente relacionada com o acesso a dados dimensionais e morfológicos dos usuários, ou seja, sua antropometria.

Essa é uma necessidade real e prevalente para quase todas as pessoas com deficiência motora. No Brasil 1,3% da população é acometida de níveis de grande dificuldade associada com a deficiência física (IBGE, 2010, atualização da contagem de 2018), esse campo de investigação é amplo e tem sido cada vez mais abordado. Um atestado dessa abrangência é o avanço na criação de políticas públicas que discutem os direitos das pessoas com deficiência que envolvem as questões de acessibilidade dos usuários a produtos e serviços adequados, bem como ambientes adaptados e recursos humanos, como serviços de acompanhamento (BRASIL, 2015).

Entretanto, ainda que esteja em progresso, as indústrias e empresas comerciais que desenvolvem tais produtos ainda são incipientes nas possibilidades e abrangência do público e geram produtos que não atendem todas as suas necessidades físicas, ergonômicas, estéticas e simbólicas. São poucas empresas que oferecem um serviço personalizado e quando o fornecem, este é demorado e caro (SIERRA, 2017). Deste modo, encontra-se na academia, e principalmente na área de design a possibilidade do pioneirismo no desenvolvimento de produtos, sistemas e serviços que sejam melhor adaptados aos públicos desassistidos.

No entanto, a coleta da antropometria de pessoas com deficiência motora, é mais complexa do que para pessoas sem deficiência, pois têm corpos e habilidades divergentes do padrão o que dificulta sua participação em estudos antropométricos, tanto tradicionais quanto nos realizados via digitalização tridimensional (3D). Os estudos antropométricos realizados via digitalização 3D, possuem benefícios perante os tradicionais, como a rapidez na coleta e uso da morfologia diretamente no processo de desenvolvimento de produtos. Mas, outras questões alargam essas divergências como a manutenção de uma posição normatizada estática por um tempo determinado. (SHCHERBINA et al., 2021; RUDOLF et al., 2017; PETRAK; NAGLIC, 2017)

Diversos estudos que buscaram realizar a coleta antropométrica de pessoas com deficiência motora encontraram dificuldades aqui tratadas. Notadamente o posicionamento das pessoas foi uma questão relatada por Schwarz-Müller, Marshall e Summerskill (2018), Park e Reed (2014), Sims et al. (2012) e Molenbroek, Mantas e Bruin (2011). Esta é associada com dificuldades em adotar normas de padronização das medidas, seja pelas características do público ou inacessibilidade dos métodos e normas disponíveis (GILL; HAYES; PARKER, 2016; BROGIN; OKIMOTO; HEEMANN, 2015). Essa questão é discutida desde os anos 90 sem solução (DAS; KOZEY, 1999; BRADTMILLER; ANNIS, 1997).

Outra dificuldade encontrada foi a abrangência das necessidades e quantidade de deficiências que precisam ser consideradas (ŞENOL, 2016; KAKLANIS; STAVROPOULOS; TZOVARAS, 2015; SIMS et al., 2012). Questão que também é colocada desde os anos 80 por Molenbroek (1987) e Bussell e Michaud (1981) sem solução. Esses fatores acarretam na necessidade da realização da antropometria em situações aquém das desejadas, como no escaneamento ou coleta de medidas da pessoa em sua própria cadeira de rodas como verificado em Şenol (2016), Kaklanis, Stavropoulos e Tzovaras (2015), Sims et al. (2012); Steinfeld et al. (2010a) e D'Souza et al. (2010), o que causa perdas e necessidade de estimar parte das dimensões e morfologias corporais. Isso não é a solução ideal principalmente ao se considerar o desenvolvimento de produtos adaptados de tecnologia assistiva.

Ainda, os resultados de estudos antropométricos de pessoas com deficiência encontraram diferenças significativas entre pessoas com deficiência e pessoas sem deficiência e, até mesmo, entre deficiências. Isso implica na necessidade de mais estudos com esse público e na consideração de cada indivíduo como um conjunto e não na sua generalização a partir de percentis, justificando o desenvolvimento de

produtos individuais (SCHWARZ-MÜLLER; MARSHALL; SUMMERSKILL, 2018; GILL; HAYES; PARKER, 2016; ŞENOL, 2016; STEINFELD et al., 2010a; D'SOUZA et al., 2010; GYI et al., 2004; DAS; KOZEY, 1999; BRADTMILLER; ANNIS, 1997).

Aponta-se também que diversos estudos discorrem sobre a inadequação da antropometria tradicional para abranger todas as necessidades desses públicos e sobre as vantagens relacionadas com a coleta de antropometria digital e de consideração das pessoas individualmente. Dentre elas as principais vantagens da antropometria digital são a possibilidade da coleta da morfologia corporal, que possibilita a criação de produtos conformados à morfologia corporal, e a velocidade na coleta e aplicação das medidas para o desenvolvimento de produtos de TA, visto que, em geral, as necessidades desses produtos são urgentes e afetam diretamente a qualidade de vida dos usuários (COOK; POLGAR, 2015). Todos esses fatores justificam a necessidade de desenvolvimento de uma solução para a coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora. (GILL; HAYES; PARKER, 2016; BROGIN; OKIMOTO; HEEMANN, 2015; KAKLANIS; STAVROPOULOS; TZOVARAS, 2015; SIMS et al., 2012; D'SOUZA et al., 2010; GYI et al., 2004).

Considerando o contexto atual da pandemia, ela afetou o andamento desta pesquisa, principalmente na avaliação da solução junto aos usuários finais visto que as regras de distanciamento e de isolamento social estiveram impostas durante quase todo o tempo da sua realização. Isso especialmente relacionado aos beneficiários, pessoas com deficiência motora, que são considerados grupo de risco. No entanto, no que concerne com a solução final da proposta, a pandemia não impacta na contínua necessidade de coleta antropométrica do público e de produtos adaptados. A situação influencia no desenvolvimento de uma solução que possa ser rápida e com mínimo contato físico e necessidade de encontros presenciais. Para isso a antropometria digital já é uma solução mais ideal do que a tradicional.

1.3 OBJETIVOS

A seguir são apresentados os objetivos norteadores desta tese que visam responder à pergunta de como pode ser feita a coleta de antropometria digital do corpo inteiro de pessoas com deficiência motora com o objetivo de desenvolvimento produtos adaptados para suas morfologias corporais.

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma solução padronizada para a coleta de antropometria digital do corpo inteiro de pessoas com deficiência motora, especialmente usuárias de cadeira de rodas, que possibilite o desenvolvimento de produtos adaptados.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Verificar as soluções existentes para a coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora;
2. Identificar as variáveis e requisitos para um sistema de coleta de dados de antropometria digital de pessoas com deficiência motora;
3. Definir as condições de funcionamento de tecnologias de digitalização tridimensional e características que possam ser utilizadas para a coleta dimensional e morfológica de pessoas com deficiência motora;
4. Apresentar solução para a coleta de antropometria digital que possa ser utilizada com pessoas com deficiência motora;
5. Avaliar a solução desenvolvida para a coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora junto ao público de interesse.

1.4 DELIMITAÇÃO DO ESCOPO

O objeto deste estudo é a elaboração de uma proposta para viabilizar a realização de antropometria digital estática de corpo inteiro de pessoas com deficiência motora para o desenvolvimento de produtos adaptados. Para restringir a finalidade da pesquisa e considerando que o método utilizado, *Design Science Research*, prevê o desenvolvimento de um artefato delimita-se o escopo do trabalho.

Em primeiro lugar considera-se que a solução deva ser viável e acessível no contexto da realização de antropometria digital estática por parte de pesquisadores da Universidade Federal do Paraná e em parceria com pesquisadores, atendentes e pacientes do Centro Hospitalar de Reabilitação Ana Carolina Moura Xavier, parte Hospital do Trabalhador, ambos localizados na cidade de Curitiba, no estado do Paraná. Os pesquisadores referidos são aqueles aptos a realizar estudos na área de antropometria digital, que possuem conhecimentos na área de digitalização

tridimensional, antropometria e de design e projeto de produtos. O público beneficiado inicialmente são pessoas com deficiência motora, usuárias de cadeira de rodas residentes da cidade de Curitiba ou entorno, podendo ser estendida para uma população mais ampla na aplicação do sistema desenvolvido para outros contextos.

Em relação ao público beneficiado se limita no que concerne à abrangência e acesso daquelas pessoas usuárias de cadeira de rodas, que não conseguem atingir e/ou manter uma posição especificada, por causa de uma deficiência muscular, neuromuscular, deformidade, ou membro faltante, mas que estão aptas a utilizar o sistema desenvolvido. No que excede essas características do público abrangido, como presença de espasticidades, que podem gerar situações de risco como queda, e deformidades e sensibilidades que impossibilitem o uso do sistema, se limita a propor possibilidades particulares para tratamento individualizado.

Relacionado às tecnologias de escaneamento opta-se por utilizar soluções de baixo custo e presentemente acessíveis para que o sistema possa ser efetivamente testado e reproduzido democratizando o acesso ao conhecimento. Dadas as características do equipamento, o escâner selecionado foi o Kinect 360 (MICROSOFT, 2019) por ser uma solução portátil, acessível e já validada para os fins de antropometria digital, sendo um dos principais escâneres de baixo custo com tal validação até o momento. Cabe destacar que a solução desenvolvida não é dependente do escâner selecionado para a realização deste estudo e pode ser utilizada junto a outros escâneres desde que validados para a antropometria digital.

Esta pesquisa também não objetiva a realização de um estudo antropométrico. E sim o desenvolvimento de um sistema que viabilize a realização de coletas de antropometria digital para a obtenção de morfologias corporais e dimensões estáticas, voltadas para o desenvolvimento de produtos. O trabalho também não trata da instauração do sistema em contexto real, ou do treinamento para seu uso.

Por fim, apesar da importância das medidas antropométricas funcionais e dinâmicas, essa questão não é tratada neste trabalho pois o conjunto de ferramentas utilizado para a sua aquisição difere largamente do utilizado para a realização de medidas estáticas, mesmo quando considerado o uso de tecnologia de escaneamento tridimensional (KLEPSER et al. 2020; STEINFELD; LENKER; PAQUET, 2002).

1.5 PANORAMA DOS ESTUDOS SOBRE O TEMA E INEDITISMO

Para apresentar panorama dos estudos sobre o tema reuniram-se 27 estudos em temas tangentes ao desta pesquisa. Estes consistem em 11 estudos selecionados por uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) dos últimos 15 anos (2007-2021) que se referem à antropometria digital de pessoas com características corporais diversas (deficiência motora, outras particularidades físicas, idosos, obesos e crianças) em situações que não conseguem se adequar às normas vigentes para a digitalização; agregados de 16 outros compilados por meio de uma Revisão Bibliográfica Narrativa (RBN) pois não tratavam de todos os temas simultaneamente.

Alguns dos estudos selecionados são compostos por múltiplos trabalhos publicados. Estes são os de Molenbroek, Mantas e Bruin (2011) que iniciaram as pesquisas em 1987 sobre a antropometria tradicional de pessoas com deficiência motora e idosos; de Steinfeld et al. (2010), com publicações desde 2002 associadas ao projeto “Antropometria da Mobilidade com Rodas” com trabalhos que tratam da antropometria tradicional e dinâmica; de Rudolf et al. (2017) com trabalhos desde 2015, relacionados com a fabricação de vestuários para usuários com deficiências físicas; de Sims et al. (2012) e Schwarz-Müller et al. (2021), que buscaram soluções para a padronização da postura relacionada com digitalização 3D desde 2012; e por fim os trabalhos de Bezerra et al. (2017) e Barboza et al. (2018) que tratam do uso de um sistema de coleta de antropometria digital para diferentes públicos como crianças e pessoas com Síndrome de Down, com a digitalização das pessoas em pé.

Cabe destacar que não foi encontrada nenhuma solução padronizada e desenvolvida para a antropometria digital direta de corpo inteiro de pessoas com deficiência motora que considerasse múltiplas deficiências, o que indica a originalidade e ineditismo da pesquisa. No entanto, a revisão aponta caminhos que podem ser seguidos por essa pesquisa ao apontar principalmente as lacunas que precisam ser preenchidas e possibilidades de solução.

Assim, construiu-se um quadro teórico, Quadro 1, de modo a identificar ênfases e lacunas nos assuntos estudados. Dividiu-se o quadro nos principais fundamentos importantes à esta tese. Para cada um avaliou-se seu interesse e aprofundamento da discussão sobre o assunto: ◦ (0) - Tema sem interesse; ○ (50) – Tema com interesse e sem aprofundamento; ● (100) – Tema com interesse e com aprofundamento. O interesse está relacionado com a referência nominal ao tema e o aprofundamento é

relativo à explicação feita acerca do tema. As avaliações foram somadas e divididas pelo total de trabalhos (21) indicando a porcentagem de interesse no tema para que fossem apontadas as lacunas e ênfases a partir desses resultados.

QUADRO 1 - QUADRO TEÓRICO																								
	RBS										RBN													
	Denoe et al. (2009)	Sims et al. (2012)	Crytzer et al. (2016)	Bezerra et al. (2017)	Lu et al. (2017)	Barboza et al. (2018)	Hong et al. (2018)	Conkle et al. (2019)	Andrews et al. (2019)	Balasubramanian; Robinette (2020)	Korte et al. (2021)	Bussel; Michaud (1981)	Goswami; Ganguli; Chatterjee (1987)	Molenbroek; Mantas; Bruin (2011)*	Das; Kozey (1999)	Steinfeld et al. (2010)*	Barros (2007)	Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015)	Rudolf et al. (2017)*	Guseva et al. (2020)	Shcherbina et al. (2021)	% Trabalhos com interesse no tema		
ANTROPOMETRIA																								
Validação		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	12	
Norma		o	●	o	o	●	o	o	o	o	o	●	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	24	
Landmark		o	●	●	●	o	●	●	●	o	●	o	o	o	o	o	o	o	●	●	o	o	71	
Medidas		●	●	●	●	o	●	o	●	o	o	●	o	o	o	o	o	●	o	o	o	o	67	
Morfologia		●	o	●	o	●	o	●	●	●	●	o	o	o	o	o	o	o	o	●	o	o	60	
DIGITALIZAÇÃO 3D																								
Equipamento		o	o	o	●	o	●	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	●	●	55	
Tipo de captura		o	o	●	●	o	●	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	●	●	57	
Tempo coleta		o	●	o	o	●	●	●	o	o	o	●	●	o	o	o	o	o	●	o	o	o	45	
Precisão captura		o	o	o	o	●	●	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	●	o	●	o	33	
Suportes físicos		o	o	●	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	●	●	o	o	●	48	
Software		o	o	o	●	●	●	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	●	o	o	●	43	
Tempo processamento		o	o	o	●	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	●	o	o	o	17	
Tratamento dados		o	o	●	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	31	
PARTICIPANTES																								
Amostragem		o	●	●	●	o	o	o	●	o	o	o	●	o	o	o	o	o	o	o	o	o	67	
Deficiência		●	●	●	o	●	●	o	o	o	o	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	90	
Posição		o	●	●	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	55		
Parte do Corpo		o	●	o	●	o	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	o	o	o	90	
Roupa		●	●	●	●	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	69		
Coleta de dados extras		●	●	●	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	69		
LEGENDA: Ênfases Lacunas																								
o Tema sem interesse																								
o Tema com interesse e sem aprofundamento																								
● Tema com interesse e com aprofundamento																								
* Trabalho mais recente de pesquisa com múltiplos trabalhos publicados.																								

LEGENDA:



Ênfases

Lacunas

o

Tema sem interesse

o

Tema com interesse e sem aprofundamento

●

Tema com interesse e com aprofundamento

*

Trabalho mais recente de pesquisa com múltiplos trabalhos publicados.

FONTE: A autora (2022).

Os fundamentos destacados são divididos em: antropometria, que trata de validação; normatização; pontos anatômicos; medidas e coleta de morfologia. Com relação do método de coleta, foram analisadas as questões do equipamento, com tipo de captura (laser, infravermelho etc.), o tempo de coleta, precisão da captura, suportes físicos e *softwares* utilizados, o tempo de processamento e o tratamento dos dados. E, por último, com relação aos participantes, foi avaliado o tamanho de amostra, tipo de deficiência, posição adotada na realização do escaneamento, parte do corpo avaliada, roupas utilizadas e se outros dados foram coletados.

O detalhamento das medidas e pontos anatômicos selecionados são fundamentos enfatizados. Isso é esperado visto que a finalidade da coleta de antropometria depende da correta seleção do ponto a partir do qual será feita a medição. Já a coleta da superfície corporal foi pouco discutida mesmo que seja talvez o fator mais promissor da tecnologia estudada (SIMS et al., 2012). Os estudos que trataram da representação tridimensional do corpo inteiro obtidos a partir da posição sentada de pessoas com deficiência, tiveram como finalidade a representação de sua capacidade funcional (STEINFELD et al., 2010a); a criação de modelos humanos para testes ergonômicos (D'SOUZA et al., 2010; D'SOUZA; FEATHERS; PAQUET, 2007); e na apresentação virtual de medidas obtidas manualmente (BRADTMILLER; ANNIS, 1997). Esses estudos, trataram apenas da modelagem funcional e genérica dos participantes –ou seja apenas da representação de alcances e dimensões totais– sem adentrarem em estudos das suas características morfológicas.

Percebe-se também a pouca utilização de normas nos procedimentos de digitalização e de realização das medidas. A norma associada com a antropometria digital é a ISO 20685 (2010), Metodologias de escaneamento 3D para bancos de dados antropométricos internacionalmente compatíveis, revisada e dividida em duas partes: ISO 20685-1 (2018), Parte 1: Protocolo de avaliação para dimensões corporais extraídas de escaneamentos corporais 3D; e ISO 20685-2 (2015), Ergonomia - Parte 2: Protocolo de avaliação da forma da superfície e repetibilidade de posições dos pontos de referência. Estas usam como base a ISO 7250-1 (2017) Medidas básicas do corpo humano para design tecnológico - Parte 1: Definições e pontos de referência de medidas corporais. Nenhuma dessas abrange as necessidades de públicos com capacidades físicas diversas. Outra lacuna é a realização de estudos de validação. Esse assunto é apontado como de interesse visto que a ISO 20685-1 (2018), preconiza que os dados de validação do escâner sejam disponibilizados.

Em relação ao método de coleta, trata-se com ênfase o escâner, utilizado no estudo pois este é um dos principais delimitadores da qualidade final do modelo 3D obtido. As principais lacunas são referentes ao processamento da malha após o escaneamento. Há dificuldade de encontrar relatos sobre a correção e tratamento das malhas obtidas quando associadas com o recorte de escaneamento do corpo inteiro de públicos diversos. Esse caso é de interesse pois as malhas obtidas via digitalização 3D possuem falhas, como a ausência de dados em determinadas regiões causadas pela oclusão de partes do corpo no momento do escaneamento. (SHCHERBINA et al., 2021; BARBOZA et al., 2018; KAKLANIS; STAVROPOULOS; TZOVARAS, 2015)

Para os casos onde é feita a digitalização da pessoa sentada em sua própria cadeira de rodas, situação encontrada em seis trabalhos (SHCHERBINA et al., 2021; KAKLANIS; STAVROPOULOS; TZOVARAS, 2015; SIMS et al., 2012; STEINFELD et al., 2010a; BARROS, 2007; DAS; KOZEY, 1999), quase toda a geometria posterior do sujeito fica ocultada pela cadeira e precisa ser reconstruída, o que gera dúvidas sobre a acurácia das geometrias reconstruídas. Esse mesmo fato pode ser verificado em quase todos os equipamentos de posicionamento encontrados para digitalização dos participantes sentados (GUSEVA et al., 2020; CONKLE et al., 2019; RUDOLF et al., 2017; CRYTZER et al., 2016; KAKLANIS; STAVROPOULOS; TZOVARAS, 2015; MOLENBROEK; MANTAS; BRUIN, 2011; STEINFELD et al., 2010).

Quanto à população foram encontradas ênfases fictícias justamente por causa do recorte da revisão que deu prioridade para estudos com esse público, principalmente na fase de levantamento da literatura na revisão narrativa. Há também uma ênfase para a coleta de corpo inteiro pela a importância das coletas contextuais (BRADTMILLER, 2000; SIMS et al., 2012; PAQUET; FEATHERS, 2004). Oitenta por cento dos trabalhos encontrados tratam de pessoas com deficiência motora, no entanto, as amostras são pequenas com apenas sete trabalhos com mais de 100 participantes. Além disso, apenas cinco desses sete fizeram coleta das medidas na posição sentada (CRYTZER et al., 2016; KAKLANIS; STAVROPOULOS; TZOVARAS, 2015; SIMS et al., 2012; STEINFELD et al., 2010; BUSSEL; MICHAUD, 1981).

Há também uma dificuldade relacionada com a seleção e estratificação dos sujeitos na amostra, pois têm características corporais que variam até mesmo entre pessoas com uma mesma deficiência (CARRIEL, 2014; COOK; POLGAR, 2015). Por isso, prefere-se realizar estudos individuais ou com menor número de participantes para o desenvolvimento de produtos customizados individuais como o caso de Rudolf

et al. (2017). Essa é inclusive uma preocupação comentada por Paquet e Feathers (2004), Steinfeld et al. (2010), Das e Kozey (1999), Bradtmiller (2000) e Hobson e Molenbroek (1990), que recomendam a criação de sistemas padronizados, como a determinação de protocolos mais detalhados e que consideram as necessidades particulares do público, para que possa haver comparação entre estudos.

Sobre trabalhos que delinearam protocolos para a coleta de antropometria de pessoas com deficiência motora pode-se citar Brogin, Okimoto e Heemann (2015), preocupados em identificar as particularidades da coleta com pessoas com deficiência e Gill, Hayes e Parker (2016) e Brendler et al. (2016) que apresentaram protocolos padronizados de coleta de antropometria digital. Além de outros que realizaram coletas de antropometria manual e identificaram questões a serem reconhecidas na hora de construção do protocolo como Petrak e Naglic (2017), Gyi et al. (2004), Paquet e Feathers (2004), Bradtmiller (2000) e Hobson e Molenbroek (1990). Essas lacunas e outras colocadas pelos autores dos trabalhos da RBI estão dispostas no Quadro 2.

QUADRO 2 - DIFICULDADES IDENTIFICADAS NOS TRABALHOS RELACIONADOS

	Shcherbina et al. (2021)	Rudolf et al. (2017)	Petrak; Naglic (2017)	Gill; Hayes; Parker (2016)	Rudolf et al. (2015)	Brogin; Okimoto; Heemann (2015)	Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015)	Kozar et al. (2014)	Sims et al. (2012)	Molenbroek; Mantas; Bruin (2011)	Steinfeld et al. (2010b)	Steinfeld et al. (2010a)	Barros (2007)	D'Souza; Feathers; Paquet (2018)	Steinfeld; Maisel; Feathers (2005)	Paquet; Feathers (2004)	Gyi et al. (2004)	Steinfeld; Lenker; Paquet (2002)	Bradtmiller (2000)	Das; Kozey (1999)	Hobson; Molenbroek (1990)	Goswami; Ganguli; Chatterjee (1987)
ANTROPOMETRIA																						
<i>Método de coleta / amostra</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Normas e padronização de medidas</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Posicionamento</i>	✓					✓		✓	✓	✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Medição (na cadeira de rodas)</i>	✓						✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓		
<i>Inadequação da antropometria manual</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓			✓		✓				
DIGITALIZAÇÃO																						
<i>Inacessibilidade da tecnologia</i>	✓		✓	✓	✓			✓														
DEFICIÊNCIA MOTORA																						
<i>Alta variabilidade do público</i>	✓	✓				✓	✓	✓	✓			✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
<i>Coleta de poucas medidas / desconsideração da assimetria</i>	✓	✓				✓	✓	✓	✓			✓			✓	✓	✓			✓	✓	
<i>Consideração do participante completo</i>	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

FONTE: A autora (2022).

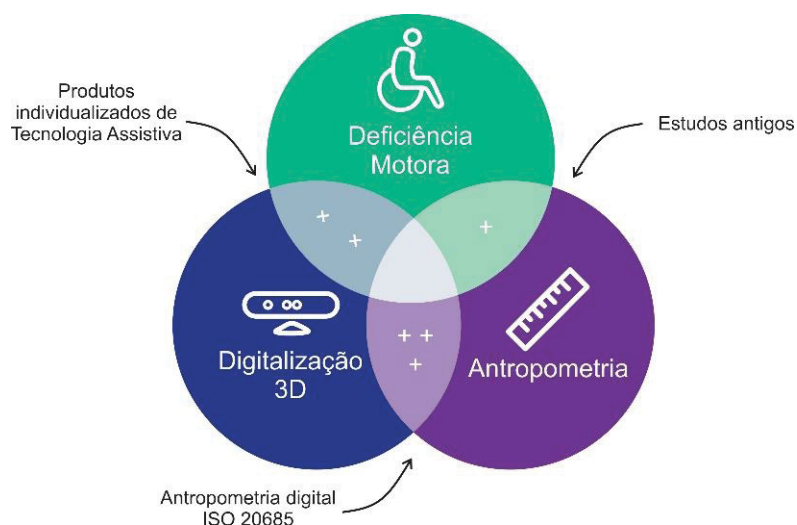
No quadro apenas são referenciados os trabalhos que apresentam dificuldades relacionadas à coleta de antropometria junto ao público de pessoas com deficiência

motora. As principais dificuldades identificadas foram: a realização da antropometria digital de pessoas com deficiência motora em suas próprias cadeiras de rodas; a falta de padronização da postura (SIMS et al., 2012; DAS; KOZEY, 1999); métodos de coleta que geram geometrias incompletas ou com falhas sem a digitalização completa do corpo (D'SOUZA et al., 2010; D'SOUZA; FEATHERS; PAQUET, 2007; ŞENOL, 2016; BRADTMILLER; ANNIS, 1997); interesse apenas na modelagem funcional (STEINFELD et al., 2010a); a desconsideração da morfologia (MOLENBROEK, 1987; BUSSELL; MICHAUD, 1981); e inadequação da antropometria tradicional seja porque não atende requisitos de privacidade, tempo, ou coleta de morfologia.

Sobre a digitalização a dificuldade apontada foi o custo, e dificuldade de uso dos escâneres o que os torna inacessíveis. Encontraram-se também dificuldades referentes à variabilidade do público; a necessidade de mais medidas de Pessoas com Deficiência Motora e finalmente na importância da consideração das pessoas como um conjunto funcional e não apenas de suas medidas e deficiências separadas em categorias. Além disso, foi identificada a falta métodos que possibilitem a padronização das coletas, mas que sejam inclusivos para as pessoas com deficiência.

Finalmente, é possível ilustrar, na Figura 2, a interação dos estudos referentes à antropometria e digitalização 3D para pessoas com deficiência motora. Nela estão indicados os pontos de interação entre os temas da pesquisa, deficiência motora, antropometria e digitalização 3D e as principais questões levantadas.

FIGURA 2 - INTERAÇÃO ENTRE OS TEMAS



LEGENDA: "+": Quantidade de trabalhos relativa à interação entre os temas.

FONTE: A autora (2022).

O tema mais recorrente foi a antropometria digital, que é a intersecção entre os temas de digitalização 3D e antropometria. Existem diversos trabalhos realizados com pessoas sem deficiência e até mesmo normatizações como a ISO 20685-1 (2018). Destacam-se também as intersecções de pesquisas que utilizam a digitalização 3D de pessoas com deficiência para a criação de recursos assistivos como órteses e próteses customizadas, como em Shah e Luximon (2019) que usam um procedimento para a criação de órteses de tronco adequadas para cada sujeito. Na terceira intersecção que se refere a antropometria de pessoas com deficiência motora, encontram-se apenas treze estudos, e destes a maioria é antiga, utiliza métodos tradicionais e públicos específicos como pessoas com paralisia cerebral.

No encontro entre esses temas identifica-se a possibilidade de ineditismo desta pesquisa, que é a inexistência e a necessidade de sistemas de viabilização e de padronização da antropometria digital estática de corpo inteiro de pessoas com deficiência motora. O desenvolvimento de um sistema desse tipo é inédito e contribui para o avanço das demais pesquisas nas áreas de design, ergonomia, antropometria e de desenvolvimento de produtos para pessoas com deficiência, criando condições para a realização dessas e para o avanço da ciência e do estado da arte da área.

1.6 ESTRUTURA DA TESE

O trabalho é estruturado em nove capítulos ordenados de acordo com o método *Design Science Research* - DSR (SANTOS, 2018a; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015), que foi utilizado dada a característica do problema, o qual prevê soluções que envolvem o desenvolvimento de artefatos.

No **Capítulo 1**, de introdução é feita a contextualização, apresentada a problemática e a classe de problemas relativas à necessidade e a dificuldade de coleta antropométrica, principalmente a digital, de Pessoas com Deficiência Motora.

No **Capítulo 2**, de fundamentação teórica, são apresentadas questões relativas à antropometria digital, à antropometria e digitalização 3D de pessoas com deficiência motora e princípios para o design de artefatos.

No **Capítulo 3**, a metodologia da pesquisa é estruturada com base no DSR (SANTOS, 2018a; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015). Divide-se o trabalho em três fases. Na primeira fase, Exploração, é feita a identificação do problema e de possíveis

soluções. Na segunda, Proposição, são definidos os requisitos e feita a proposta de solução. Na terceira, Avaliação, é feito o aprimoramento e apresentação da solução.

No **Capítulo 4** são apresentados os resultados da fase de exploração com os experimentos realizados para verificar as características do escaneamento 3D que podem ser utilizadas na solução.

No **Capítulo 5** onde é apresentada a fase de proposição são definidos os requisitos para o desenvolvimento da solução baseados na fundamentação teórica e utilizando os requisitos, é desenvolvida a solução.

No **Capítulo 6** na fase de avaliação, são feitas avaliações e aprimoramentos sequenciais da solução obtendo-se uma versão final.

No **Capítulo 7** a versão final da solução é apresentada e prototipada.

No **Capítulo 8** é feita a discussão desses resultados obtidos e a generalização dos conhecimentos para a classe de problemas.

Ao final do trabalho, no **Capítulo 9**, são feitas as conclusões, apresentadas as limitações do trabalho e feitas sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentada a Fundamentação Teórica deste trabalho. Fundamentam-se a antropometria digital – e por ela entende-se coleta de dimensões e morfologias corporais a partir da digitalização 3D – estática; a antropometria e digitalização tridimensional de Pessoas com Deficiência Motora; e princípios do design de artefatos, relevantes para o desenvolvimento da solução ao problema da tese.

2.1 ANTROPOMETRIA DIGITAL

A antropometria é o estudo das dimensões humanas. Nesse sentido objetiva-se conhecer dimensões para utilizá-las no desenvolvimento de produtos e ambientes para que sejam adequados ao público que os utilizará. Dados antropométricos têm sido coletados desde a Antiguidade. Iniciou-se com a coleta de alturas, proporções e pesos e evoluiu-se para dados mais especializados como alcances, forças, morfologias, áreas corporais, etc. Os dados coletados variam entre os estudos e dependem do propósito da coleta das informações (STEINFELD et al., 2010a; PHEASANT, 2003; PANERO; ZELNIK, 2002).

A necessidade da realização de estudos antropométricos se dá pela diversidade dimensional que pode ser encontrada nas populações. As principais variações são relacionadas com o sexo biológico, diferenças étnicas, climáticas, intraindividuais, relacionadas com a idade, tipos corporais e diferenças entre gerações (IIDA, 2005; PHEASANT, 2003) inclusive, por causa desse último, a data em que as medidas foram coletadas é um dado importante para a verificação da adequação das medidas (MARSHALL; SUMMERSKILL, 2019).

Essas dimensões obtidas são utilizadas, geralmente de duas maneiras: em primeiro lugar são generalizadas, com análise estatística para a obtenção das distribuições normais para as dimensões e divisão da população em percentis para o desenvolvimento de produtos que abarque uma parcela considerável especificada da população; e no outro caso, são coletadas medidas individuais para o desenvolvimento de produtos adaptados e customizados e para avaliação das características relacionadas com a sua saúde, desempenho físico, etc. (IIDA, 2005). Esses dois usos são de interesse e afetam os procedimentos de coleta das medidas.

Para o primeiro caso é preciso considerar a padronização no momento da coleta para que as medidas possam ser comparadas entre estudos de modo a ampliar a gama de informações que podem ser usadas no desenvolvimento dos produtos. Isso se torna ainda mais prevalente pela internacionalização do comércio, o que faz com que tabelas de medidas regionais não sejam suficientes para o dimensionamento dos produtos (IIDA, 2005; PHEASANT, 2003). Para o caso dos produtos individualizados, essa é uma área de crescente interesse, pois as tecnologias associadas com a customização e desenvolvimento estão mais acessíveis. E, nesse caso, é importante que a coleta das medidas seja otimizada e esteja de acordo com a necessidade de uso. Por exemplo, na fabricação de uma calça de um usuário de cadeira de rodas, é preciso considerar suas dimensões sentado visto que as dimensões corporais variam de acordo com a posição em que se encontram (NAKIĆ; BOGOVIĆ, 2019; BRENDLER et al., 2016). Em complemento Iida (2005) enfatiza que seja qual for a finalidade da coleta, quanto mais próximo do usuário final, melhor.

Ainda sobre a coleta das dimensões apropriadas para o desenvolvimento de produtos, a antropometria pode ser estratificada em três tipos: a antropometria estática, coleta das dimensões do sujeito em uma posição especificada, que pode ser uma posição normatizada ou a de uso do produto; a antropometria dinâmica, que considera alcances e ocupação do espaço; e a antropometria funcional que considera a conjugação de movimentos para a realização de uma tarefa (BARRIOS-MURIEL et al., 2020; YU; KIM, 2020; STEINFELD; LENKER; PAQUET, 2002).

Para além dessa divisão também pode ser feita uma outra relativa ao método de coleta que é dividido em direto e indireto. No direto, utilizam-se ferramentas manuais como fitas métricas e a dimensão é obtida diretamente do corpo da pessoa, no indireto a geometria e dimensões são coletadas via fotografias, escâner 3D ou outras ferramentas e são posteriormente medidas (PHEASANT, 2003).

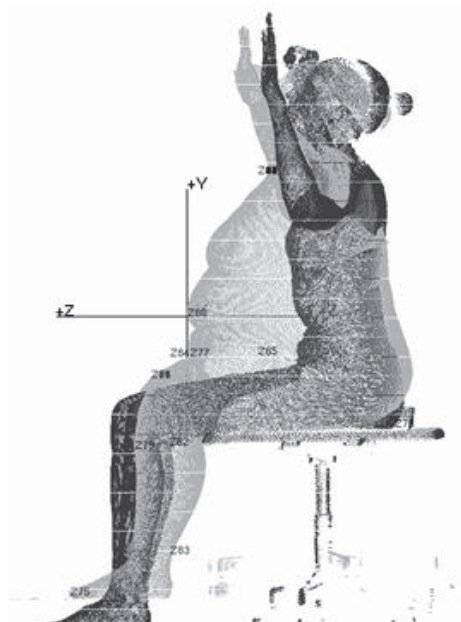
Outra variação relativa à antropometria são os tipos de medidas obtidas. Tradicionalmente estas são medidas lineares, circunferências e perímetros individuais ou generalizadas em tabelas. Mais recentemente encontram-se medidas associadas, relativas e de morfologia corporal. As medidas associadas são dimensões apresentadas em conjunto de um mesmo sujeito. Medidas relativas são apresentadas em comparação com as demais dimensões corporais, por exemplo, o tamanho do abdome relativo ao resto do corpo. E a morfologia corporal apresenta as dimensões

corporais juntamente com o seu formato (THELWELL et al., 2020). Essas associações são cada vez mais prevalentes porque as técnicas de coleta se modificaram.

A obtenção de imagem tridimensional, via digitalização tridimensional, permite a coleta antropométrica digital de maneira rápida, indireta e não invasiva (RUMBO-RODRÍGUEZ et al., 2021; LOVATO, 2010). Estes digitalizadores proporcionam a repetibilidade pois possibilitam o arquivamento das informações brutas (HEYMSFIELD et al., 2018; ROODBANDI et al., 2017; TOMKINSON; SHAW, 2013) e, além disso, possuem benefícios como a coleta de morfologias, acesso a dimensões contextualizadas, cores e a avaliação de alterações dimensionais (THELWELL et al., 2020; YU; KIM, 2020; STEWART et al., 2017). Com isso surge uma área de estudo chamada de antropometria digital (HEYMSFIELD et al., 2018).

Dentre os principais benefícios da antropometria digital está a compreensão global do indivíduo (WANG et al., 2021). Pode-se identificar o que isso significa com a análise da Figura 3. Nela Robinette (2013) apresenta a sobreposição de dois indivíduos com a mesma medida de altura dos olhos e comprimento nádegas-jelho e demonstra como apenas essas medidas não são suficientes para caracterizá-los.

FIGURA 3 - COMPARATIVO DE MORFOLOGIAS CORPORAIS



FONTE: Robinette (2013, p. 11).

A antropometria digital utiliza o método de coleta de medidas indireto. Esse método pode ser uma solução para questões de privacidade pois não envolve contato físico (BRENDLER; TEIXEIRA, 2016; COSTA et al., 2015). É também mais rápido na

coleta, quando comparado com métodos tradicionais (BRENDLER; TEIXEIRA, 2016; COSTA et al., 2015, SIMS et al., 2012), isso diminui o tempo investido pela pessoa que será medida o que aumenta as chances de sua participação.

Por todos esses fatores, não é casualidade que hoje os maiores estudos antropométricos utilizem-se da digitalização 3D para a realização das medidas. Pode-se citar como exemplo de grandes estudos que utilizam a antropometria digital o “*Anthropometric Source Book*” (Livro fonte antropométrico) publicado pela NASA (PANERO; ZELNIK, 2002) e o CEASAR (Recurso de Antropometria de Superfície Civil Americana e Europeia) realizado principalmente nos Estados Unidos, Holanda e Itália (ALEMANY et al., 2019; BRENDLER; TEIXEIRA, 2016; ROBINETTE et al., 2002).

Para a produção de vestimentas encontram-se iniciativas mais recentes chamadas de “Size” (tamanho) como o SizeUK (BOUGOURD; TRELEAVEN, 2010), SizeBR (BASTOS et al., 2010) e SizeINDIA (KULKARNI et al., 2011), esses estudos também foram realizados na Alemanha, Portugal, Itália, Tailândia, Coreia, China e Canadá. Além desses também se encontram grandes estudos realizados no Japão, França, Espanha, Romênia e Bélgica. No entanto, os estudos com maior validação estatística ainda são realizados com públicos muito homogêneos o que dificulta sua transposição de dados para outras populações (ALEMANY et al., 2019).

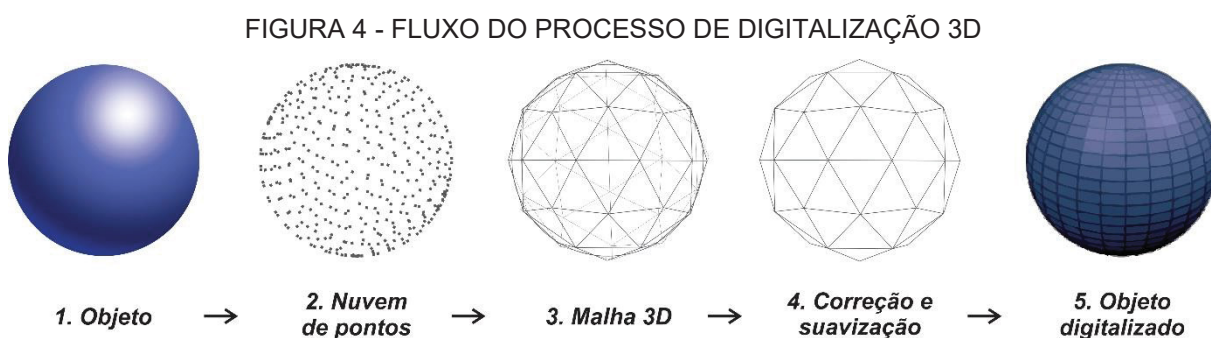
Finalmente, uma questão levantada por esse método de coleta das dimensões corporais é sobre como efetivamente distribuir os dados obtidos. Originalmente os dados antropométricos são transformados em tabelas de medidas que são facilmente compartilháveis. No entanto, há muito mais variáveis antropométricas que podem ser extraídas com a antropometria digital como dados relacionados, geometrias corporais etc. Esses dados podem ser compartilhados em bases de dados, dentre elas encontram-se a CAESAR e as “Size”. Há também outras como a BODY-fit, BODY-rgb, UMTRI, ANSUR e Adultdata. O acesso às bases ainda é restrito dado seu alto custo (ALEMANY et al., 2019; MARSHALL; SUMMERSKILL, 2019).

2.1.1 Digitalização tridimensional

A digitalização tridimensional é um termo que engloba todos os processos e tecnologias de transformação de uma geometria presente no mundo físico em um modelo tridimensional digital (ISO 20685-1, 2018; CAPELASSI, 2017; ROSENMAN, 2017). Para tal são utilizados equipamentos conhecidos como escâneres 3D e até

mesmo máquinas fotográficas que captam dados de objetos e convertem esses dados em uma representação visual 3D fidedigna do objeto (ISO 20685-1, 2018; KERSTEN et al., 2016, COSTA et al., 2015). Além do equipamento de captação, na digitalização tridimensional também estão inseridos os softwares de processamento da imagem tridimensional (ISO 20685-1, 2018; TONG et al., 2012; LOVATO et al., 2010).

Um fluxo de trabalho natural do processo de digitalização 3D, Figura 4, consiste no posicionamento de uma pessoa ou objeto frente ao escâner, seu escaneamento, que gera uma nuvem de pontos, processamento da imagem escaneada, que consiste na transformação da nuvem de pontos em malha tridimensional, correção e suavização da malha, e utilização do modelo para a coleta de dados (LOVATO, 2010).



FONTE: A autora (2022).

No Quadro 3 são apresentadas as principais vantagens e desvantagens da tecnologia de digitalização tridimensional para a antropometria, coleta de medidas em geral e desenvolvimento de produtos. Estas são divididas nos seguintes critérios: Acurácia dimensional e geométrica das malhas digitalizadas em relação ao objeto original; Custo associado com a aquisição e uso da tecnologia; Eficiência da captura das geometrias reais; sua utilização no Desenvolvimento de produtos; sua utilização em Simulação digital; Sustentabilidade do uso dos equipamentos e processos associados; e Velocidade do acesso e utilização dos dados coletados.

Apesar de todas as vantagens apresentadas pela digitalização como acurácia, possível baixo custo para alguns equipamentos, eficiência e facilidade de design e diversas possibilidades de uso como em simulações, há ainda algumas questões que devem ser consideradas como: limitações de visibilidade e posicionamento, investimento alto para alguns tipos de escâner, necessidade de capacitação técnica e tempo disponível para o tratamento da malha tridimensional.

QUADRO 3 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA DIGITALIZAÇÃO 3D

Critério	Vantagens	Desvantagens	Referências
Acurácia	- Detecção de desvios entre "em uso" e "como projetado". - Boa à ótima acurácia de escâneres à laser. - Dependendo do equipamento é hiperacurado.	- Limitações em visibilidade geram malhas incompletas. - Acurácia variável. - Dependendo do equipamento não é acurado.	Giske et al. (2019); Eriksson et al. (2018); Javaid; Haleem (2018); Li et al. (2018); Redaelli et al. (2018); Guidi; Gonizzi; Micoli (2016); Forslund et al. (2016); Niezgoda; Zhuang (2015).
Custo	- Eficiência econômica (apenas produz o que já foi testado).	- Investimento financeiro inicial alto, para tecnologia laser.	Javaid; Haleem (2018); Moraes et al. (2018); Redaelli et al. (2018); Buehler et al. (2016); McDonald et al. (2016).
Eficiência	- Rapidez na alteração. - Eliminação de erros na fase de planejamento.	- Adiciona uma nova etapa ao processo de desenvolvimento.	Giske et al. (2019); Moraes et al. (2018); Li et al. (2018); Redaelli et al. (2018); Buehler et al. (2016).
Desenvolvimento de produto	- Auxílio no processo criativo. - Possibilidade de parametrização. - Informação coletada é similar aos dados gerados em CAD (transferência de conhecimento). - Base para o processo de reconstrução. - Possibilidade de adaptação morfológica e ergonômica.	- Necessidade de processamento para poder trabalhar com o produto escaneado. - Complexidade desnecessária na malha obtida. - Possibilidade de produtos mau desenvolvidos.	Buonamici et al. (2018); Eriksson et al. (2018); Haleem; Javaid; Saxena (2018); Redaelli et al. (2018); Beck; Jacobson (2017); Crytzer et al. (2016); Forslund et al. (2016); Goyanes et al. (2016); Guidi; Gnizzi; Micoli (2016); Lunsford et al. (2016); Adolphy et al. (2015); Costa et al. (2015); Dingman (2015); Junk; Matt (2015).
Simulação	- Criação de modelos humanos para simulação. - Base para simulação estrutural e de performance. - Simulações de/em ambientes complexos.	- Questionamento da real necessidade da simulação.	Giske et al. (2019); Forslund et al. (2016); Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015); Niezgoda; Zhuang (2015); Waller et al. (2015).
Sustentabilidade	- Materiais reutilizáveis.	- É preciso adquirir equipamentos.	Junk; Matt (2015).
Usabilidade	- Engenharia reversa de elementos complexos. - Facilitação da comunicação entre projetistas.	- Necessidade de capacitação técnica.	Barrios-Muriel et al. (2020); Giske et al. (2019); Teger et al. (2019); Heymsfield et al. (2018); Persson (2016).
Velocidade	- Reduz tempo de modelagem. - Aumenta a velocidade de desenvolvimento de produto.	- Tempo de correção da malha e de escaneamento dependentes do operador.	Giske et al. (2019); Haleem; Javaid; Saxena (2018); Li et al. (2018); Moraes et al. (2018); Redaelli et al. (2018); Buehler et al. (2016).

FONTE: Adaptado de Barbosa et al. (2019).

Além disso, para a antropometria ainda é necessário possuir conhecimento sobre anatomia para a obtenção das medidas corporais (SIMS et al., 2012).

2.1.1.1 Escâner tridimensional

O escâner 3D é, normalmente, um equipamento comercial que possui uma tecnologia embarcada que permite a captura de imagens tridimensionais. Essa tecnologia é a somatória de um tipo de luz emitida e da interpretação das alterações

ocorridas nessa luz. Assim, as diferenças dos digitalizadores tridimensionais são relativas ao tipo de luz utilizada para a captura da imagem como laser, infravermelho, luz branca ou fotografia, e a técnica de captura que pode ser luz estruturada, triangulação, tempo de voo, fotogrametria entre outros. A combinação entre o tipo de luz emitida e a técnica de captura determinam questões como alcance, qualidade da imagem e capacidade de captura (HEYMSFIELD et al., 2018).

Foi encontrado que o escâner a laser é o mais eficiente e preciso em estudos comparativos (FOURIE et al., 2011; TOMKINSON; SHAW, 2013; NG et al., 2016; BRAGANÇA et al., 2017). A sua rapidez é um fator apreciado (ROODBANDI et al., 2017), no entanto, os escâneres à laser são potencialmente danosos à saúde (se houver contato com os olhos) o que implica em configurações experimentais mais rígidas e o uso de equipamentos de segurança (ISO 20685-1, 2018).

Dentre os escâneres, alguns são estáticos e exigem um ambiente construído para o escaneamento, e outros são móveis. Os que podem ser movimentados são chamados de escâneres manuais e são cada vez mais utilizados, pela sua praticidade (CUI; STRICKER; VISION, 2011). Alguns benefícios dos escâneres manuais são a possibilidade de realizar escaneamentos pequenos para mãos e pés, e grandes para corpos e ambientes (BRENDLER et al., 2016). A portabilidade também é importante pois podem ser utilizados para o escaneamento de pessoas que não poderiam deslocar-se ao local de escaneamento como por exemplo pessoas idosas, com dificuldades de locomoção e pessoas com deficiência (BRENDLER; TEIXEIRA, 2016).

Além disso, os escâneres são divididos em equipamentos de alto custo e baixo custo. Os de alto custo são especializados e normalmente utilizam-se de tecnologias a laser e luz estruturada. Os de baixo custo são mais acessíveis e são muitas vezes adaptações de outros equipamentos para a realização do escaneamento como é o caso do Kinect que será detalhado mais à frente. Apesar da menor precisão dos escâneres de baixo custo eles são opções interessantes pois tornam a tecnologia de digitalização 3D mais acessível (GLEASON et al., 2018; TARABINI et al., 2018).

2.1.2 Validação da antropometria digital

Como visto, o resultado de um escaneamento 3D é uma nuvem de pontos que pode ser posteriormente processada e sob a qual podem ser realizadas as devidas medidas antropométricas (SCHWARZ-MÜLLER; MARSHALL; SUMMERSKILL, 2018;

SIMENKO et al., 2017), análises topográficas (LU et al., 2017; PETRAK; NAGLIC, 2017), de volume (LIU et al., 2017), de fenótipos (LÖFFLER-WIRTH et al., 2017; SOILEAU et al., 2016), de riscos de saúde (HEYMSFIELD et al., 2018) e mesmo testes ergonômicos (SENOL, 2016; KAKLANIS; STAVROPOULOS; TZOVARAS, 2015).

Por gerar uma malha que pode ser arquivada e retomada, a antropometria digital permite a repetibilidade dos estudos (ROODBANDI et al., 2017; TOMKINSON; SHAW, 2013; SIMS et al., 2012) o que é um fator positivo no processo de validação da tecnologia. Ao ser possível acessar o modelo completo, além da repetibilidade há um benefício desse método pois dá ao pesquisador ainda mais referências sobre as dimensões obtidas e permite a extração de outras medidas conforme necessário.

Diversos estudos de validação de escâneres tridimensionais para a realização de medidas antropométricas encontraram validade nos equipamentos utilizados. A maior parte dos trabalhos que realizaram a validação dos escâneres, o fizeram a partir de um comparativo entre medidas manuais e o método indireto como proposto pela norma ISO 20685-1 (2018). No entanto, isso pode ser uma falha metodológica pois há diferença entre os métodos de coleta e de medição. No método tradicional, entre cada medição o participante se movimenta e sua posição é reajustada, já para a antropometria digital, a malha digitalizada é essencialmente uma “fotografia 3D” a partir da qual serão obtidas as medidas. Essa malha pode acumular inadequações de posicionamento que não são corrigidos a cada medida obtida (RUMBO-RODRÍGUEZ et al., 2021; WANG et al., 2021; BUŠIĆ et al., 2020; BRAGANÇA et al., 2018).

No Quadro 4 apresentam-se alguns dos escâneres encontrados que foram validados para antropometria digital seguindo os procedimentos delineados pela ISO 20685 (2010). Dentre eles, apenas o Kinect 360 é considerado de baixo custo.

QUADRO 4 - VALIDAÇÃO DE ESCÂNERES PARA ANTROPOMETRIA DIGITAL

Escâner	Validação
<i>Artec L</i>	Stewart et al. (2017); Brendler et al. (2016); Jones et al. (2016).
<i>BodySCAN</i>	Lovato (2010).
<i>DAVID</i>	Nawangpalupi et al. (2014).
<i>FastScan</i>	Crytzer et al. (2016).
<i>Fit3D Pro</i>	Ng et al. (2016).
<i>Kinect 360</i>	Bragança et al. (2017); Brendler ; Teixeira (2016); Brendler et al. (2016); Costa et al. (2015); Dutta (2012); Tong et al. (2012); Cui, Stricker e Vision (2011).
<i>NX-16</i>	Rauter, Vodicar e Simenko (2017); Simenko et al. (2017).
<i>OGX MMS</i>	Markiewicz et al. (2017).
<i>VITUS 3D</i>	Schwarz-Müller, Marshall e Summerskill (2018); Chiu, Pease e Sanders (2016); Löffler-Wirth et al. (2016).

FONTE: A autora (2022).

Quanto à repetibilidade das medidas realizadas na malha escaneada encontram-se resultados positivos. Em sua revisão sistemática Rumbo-Rodríguez et al. (2021) encontraram que em 61,5% dos estudos os escâneres 3D foram mais acurados e confiáveis que as técnicas manuais. Esse dado é corroborado pelos estudos de Silver e Wilson (2020), Roodbandi et al. (2017), Brendler e Teixeira (2016), Tomkinson e Shaw (2013), Sims et al. (2012) e Lovato et al. (2010) que encontraram dados tão acurados e confiáveis, ou mais, do que os métodos manuais. Lovato et al. (2010) ainda encontraram alta correlação nas medidas digitais realizadas por pessoas não experientes quando comparadas com pessoas experientes, com coeficientes de correlação intraclass (ICC) entre 0.975-0.999. Os autores comentam que esse método é mais confiável para ser realizado por medidores inexperientes.

2.1.3 Planejamento da antropometria digital

O processo de planejamento da antropometria digital é similar ao da tradicional, exceto para o fato de que a etapa da efetiva coleta é influenciada pelas características e requisitos do escâner 3D selecionado para a digitalização. Steinfeld, Lenker e Paquet (2002) descrevem algumas questões que devem ser consideradas em um estudo antropométrico, são elas: qual o método de coleta mais eficiente? que tipo de vestimenta deverão utilizar os participantes? como medir partes sensíveis do corpo? quais medidas devem ser realizadas? qual postura deve ser adotada? qual será a amostra e quem fará parte dela? e como recrutar os participantes? Algumas dessas questões são facilmente resolvidas quando considerado o contexto da antropometria digital, pois não há limite para o número de medidas a serem obtidas, é eficiente e não é invasiva. No entanto, a questão do posicionamento e vestimenta são ainda mais importantes nesse tipo de coleta via digitalização.

A norma ISO 20685-1 (2018) propõe um método para a realização das digitalizações de modo a diminuir os erros nas malhas e medidas obtidas. Inicia com a questão de que quanto melhor preparados são o participante e os pesquisadores, maior a qualidade dos dados antropométricos coletados. A preparação dos sujeitos envolve a seleção das roupas a serem utilizadas, a marcação de pontos anatômicos, o treinamento da posição que deve ser sustentada durante o escaneamento e o reconhecimento dos propósitos da captura. Para os pesquisadores, a preparação envolve o conhecimento do escâner e do método de extração das medidas.

2.1.3.1 Roupas para a digitalização tridimensional

Ao ser escaneada, uma pessoa deve fazer uso de roupas que permitam a captura das formas corporais. Alguns autores preconizam: o uso de roupas íntimas (BARBOZA et al., 2018; BEZERRA et al., 2017; RAUTER; VODICAR; SIMENKO, 2017), roupas de ginástica ou de banho (STEWART et al., 2017); roupas ajustadas ao corpo e que não enrugam (CHIU; PEASE; SANDERS, 2016; NG et al., 2016; CRYTZER et al., 2016); sem roupas (DENOEL, 2009); e roupas ajustadas ao corpo fabricadas pelos pesquisadores (CHEN, 2011).

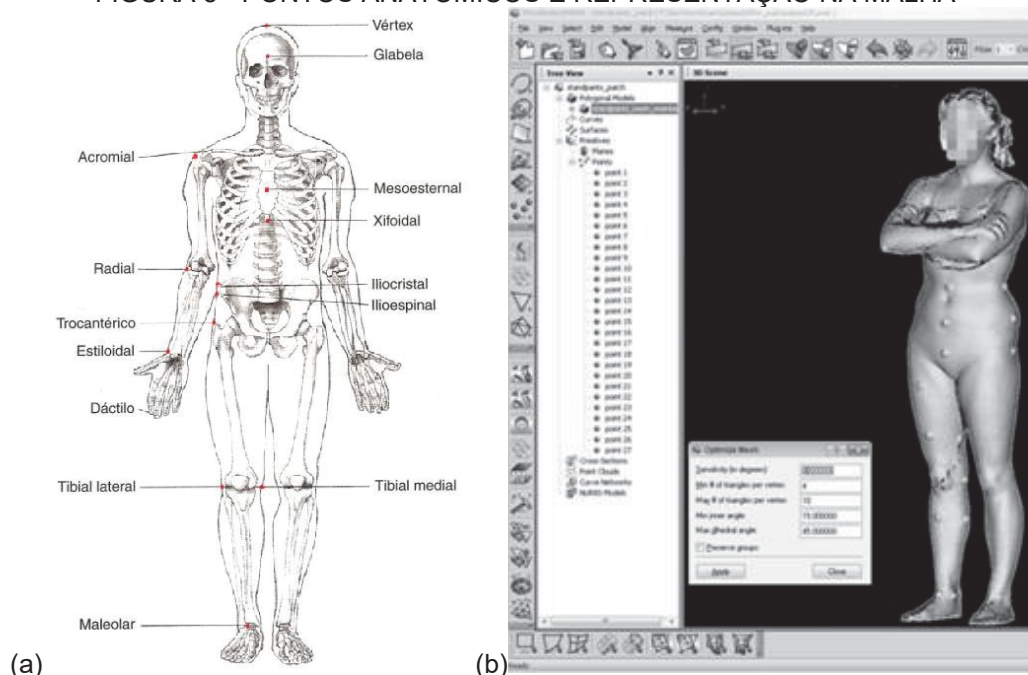
Além do tipo de roupa, para alguns escâneres, as cores também influenciam na precisão das medidas e devem ser consideradas. Dependendo da tecnologia utilizada na digitalização, as cores e acabamentos superficiais podem afetar na sua qualidade e como consequência na sua acurácia dimensional. Por exemplo, materiais brilhantes são mais dificilmente digitalizados por escâneres que usam tecnologia laser, já para os escâneres que usam luz estruturada a cor que é emitida pelo escâner pode interferir com a cor do objeto causando erros de captura, para os escâneres que usam infravermelho, cores escuras e saturadas são mais recomendadas (BARBIERI et al., 2019; TARABINI et al., 2018; VOISIN, 2006).

O paradoxo das roupas é que apesar da necessidade de serem ajustadas ao corpo para que seja possível a realização das medidas, elas não devem modificar a forma do indivíduo, ao restringir a sua morfologia através de excessiva compressão. Quando houver o escaneamento da cabeça deve-se utilizar os cabelos presos ou contidos em toucas, e considerar um desconto de até 1,5 mm causado pela espessura adicionada pelo cabelo (VERWULGEN et al., 2016).

2.1.3.2 Pontos anatômicos (*landmarks*)

Antes de iniciar a realização da digitalização e das medidas antropométricas, deve-se decidir e documentar a partir de quais pontos anatômicos “*landmarks*” serão utilizados, Figura 5-a (ISO 20685-1, 2018). Os *landmarks* podem ser previamente marcados no corpo para gerar marcas identificadoras dos pontos anatômicos que são percebidas na malha final ou pelo *software* de medidas, como apresentado na Figura 5-b. A função desses pontos é garantir que as dimensões serão obtidas sempre nas mesmas localizações anatômicas para todos os sujeitos.

FIGURA 5 - PONTOS ANATÔMICOS E REPRESENTAÇÃO NA MALHA



FONTE: a) Adaptado de Brendler e Teixeira (2016, p. 7); Choi e Ashdown (2011, p.83).

As marcações podem ser tridimensionais ou planas com uma cor para ter destaque desde que sejam identificáveis pelo escâner e pelo software de medição. É indicado o seu posicionamento em estruturas protuberantes de ossos ou locais de encontros entre as articulações pois são pontos mais facilmente identificáveis (KOUCHI; MOCHIMARU, 2011). Esses pontos anatômicos são os mesmos usados na obtenção das medidas manuais, no entanto o que difere é a sua marcação para identificação posterior no modelo digitalizado. Os pontos anatômicos marcados devem ser relacionados com o uso final da malha escaneada (SIMS et al., 2012).

Os pontos escolhidos para efetuar as medições, quando realizadas por diferentes profissionais, devem gerar resultados semelhantes, o que demonstra precisão e repetibilidade da mensuração (STEINFELD; LENKER; PAQUET, 2002). A pré-seleção desses pontos anatômicos auxilia no planejamento da digitalização pois identifica os locais que devem estar visíveis no escaneamento. As normas ISO 7250-1 (2017) e ISO 20685-1 (2018) auxiliam na decisão das localizações dos pontos anatômicos. Sua utilização é recomendada pois a padronização possibilita a comparação entre estudos (NORTON; OLDS, 2005).

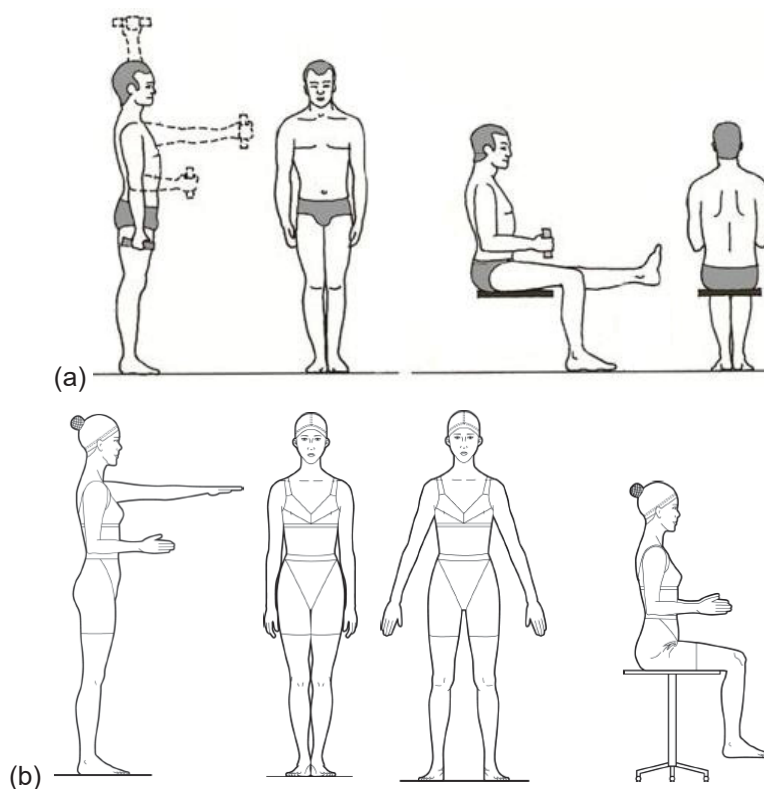
Além disso, o uso de landmarks permite a associação de mais de uma malha escaneada de uma pessoa para a geração de uma malha de melhor qualidade geométrica (SCATAGLINI; PAUL, 2019). Ao se gerarem diversas malhas de uma pessoa essas podem ser mescladas em uma única malha que contenha as partes de

melhor qualidade superficial captadas por cada uma. O uso de pontos anatômicos auxilia no alinhamento das malhas de modo que possa ser feita essa mesclagem.

2.1.3.3 Posicionamento dos participantes

A posição dos sujeitos é outro fator que deve ser contemplado. Há diversas posições tradicionais para a medição antropométrica como as apresentadas na Figura 6-a. No entanto, muitas dessas atrapalham o escaneamento pois a luz emitida pelo escâner não consegue acessar as partes do corpo encostadas entre si como no meio das pernas, o que faz com que seja necessário escolher outras posições como as recomendadas pela norma ISO 20685 (2010) demonstradas na Figura 6-b.

FIGURA 6 - POSTURAS DA NORMA DIN 33402 E DA NORMA ISO 20685



LEGENDA: a) Posturas da DIN 33402 (2005); b) Posturas da ISO 20685 (2010).

FONTE: a) Adaptado de Ilda (2005, p.117); b) ISO 20685 (2010).

Segundo Tomkinson e Shaw (2013), a maior parte dos erros de replicabilidade encontrados em medidas, tanto diretas quanto indiretas, é a dificuldade de reprodução consistente dessas posturas, especialmente no alinhamento da coluna, cabeça e movimentação dos membros superiores. Em grandes estudos, o que parece mais

importante referente a posição é que todos os participantes se posicionem igualmente para um mesmo estudo (MEDINA-INOJOSA et al., 2016). Entretanto para informações antropométricas individualizadas, considera-se a posição que possa gerar melhores informações métricas e morfologias referentes à finalidade do uso das medidas (BRENDLER; TEIXEIRA, 2016; SIMS et al., 2012; STEINFELD et al., 2010b).

Quando se pretende a medição de um grande número de sujeitos, são propostos como requisitos do desenvolvimento do protocolo de escaneamento o menor número possível de escaneamentos por sujeito com a maior cobertura possível do corpo e posicionamento de maneira que todos os pontos anatômicos sejam visíveis, além de prover uma ligação sólida com métodos tradicionais (SIMS et al., 2012; BRUNSMAN; DAANEN; ROBINETTE, 1997).

2.1.3.4 Erros de medição

A norma ISO 20685 (2010) também normatiza, além das medidas obtidas, a diferença máxima em milímetros entre as medidas obtidas via digitalização e via medição manual, Tabela 1. O corpo é dividido em alturas, larguras, profundidades e circunferências com erros para partes maiores que variam entre 9 e 4 milímetros de erro aceitável e partes pequenas como cabeça, mãos e pés entre 1 e 2 milímetros de erro aceitável. Também admite uma confiança da amostra de pelo menos 95% o que significa a participação de, no mínimo, 40 pessoas com características similares.

TABELA 1 - ERRO MÁXIMO PERMITIDO ENTRE O VALOR EXTRAÍDO E O VALOR TRADICIONALMENTE MEDIDO

<i>Tipo de medição</i>	<i>Diferença média máxima (mm)</i>
<i>Comprimentos do segmento (por exemplo, comprimento nádega-poplíteo)</i>	5
<i>Alturas do corpo (por exemplo, altura dos ombros)</i>	4
<i>Circunferências grandes (por exemplo, circunferência do tórax)</i>	9
<i>Pequenas circunferências (por exemplo, circunferência do pescoço)</i>	4
<i>Larguras do corpo (por exemplo, largura biacromial)</i>	4
<i>Profundidades do corpo (por exemplo, profundidade do peito)</i>	5
<i>Dimensões da cabeça sem cabelo</i>	1
<i>Dimensões da cabeça com cabelo</i>	2
<i>Dimensões da mão</i>	1
<i>Dimensões do pé</i>	2

FONTE: Adaptado de ISO 20685 (2010, p. 8).

Apesar da determinação da ISO 20685-1 (2018), Sims et al. (2012) relatam que, com essas tecnologias, deve-se refletir sobre quais medidas são de real

necessidade visto que, toda a morfologia do indivíduo está disponível para identificação das dimensões e que muitas vezes não parece ser necessário a coleta de tantas medidas quanto em um estudo tradicional.

Além da escolha adequada dos pontos anatômicos, é importante garantir a consistência entre os medidores e verificar a precisão, confiabilidade, acurácia e validade das medidas (PARKER et al., 2021; BRAGANÇA et al., 2018; BRAVO et al., 2018; TSOLI; LOPER; BLACK, 2014; SIMS et al., 2012). A precisão é relacionada com a concordância entre as medidas repetidas obtidas de um mesmo sujeito. A confiabilidade com a concordância entre as medidas obtidas por diversos avaliadores. A acurácia com a concordância entre as medidas reais e as medidas obtidas. E a validade é relacionada com a importância da medida para a compreensão da informação a ser obtida (BRAVO et al., 2018; PEDERSON; GORE, 2005). Nos resultados com escâneres 3D, Rumbo-Rodríguez et al. (2021) e Bragança et al. (2018) encontram medidas mais precisas e confiáveis do que acuradas.

Para medidas antropométricas é possível calcular Erros Técnicos de Medição - ETM (*Technical Error of Measurement* - TEM) para verificar a precisão e confiabilidade entre as medidas obtidas por um único observador ou por múltiplos observadores. O ETM é obtido ao multiplicar o desvio padrão da medida pelo número de vezes que ela foi aferida. Quanto mais baixo o valor encontrado maior será a confiabilidade dimensional. Os valores aceitáveis para medições por um único medidor, intra-observador, deve ser menor que 1,5% e entre avaliadores, inter-observador, deve ser menor que 2,0% (PEDERSON; GORE, 2005).

A partir de uma Revisão Sistemática Bravo et al. (2018) identificaram que a maior parte dos estudos não divulga parâmetros utilizados para averiguação da precisão e da confiabilidade das medidas realizadas, também ressaltado por Parker et al. (2021). Além disso, a diferença já comentada entre a coleta direta (com toque) e a coleta indireta ("fotografia 3D") agrava ainda mais essa questão (LINDELL et al., 2021; BRAGANÇA et al., 2018; LEE et al., 2015). Sem contar que as poses diferem para os dois métodos o que afeta a comparação direta (BUŠIĆ et al., 2020).

Para obter medidas mais acuradas frente a ISO 20685-1 (2018), Parker et al. (2021) propõem um procedimento que envolve cinco escaneamentos na mesma posição, eliminação dos dois menos precisos e retirada de uma média entre os outros três. Usando esse procedimento eles obtiveram a precisão determinada pela norma em 97,5% dos casos. Esse considera o conhecimento de uma medida obtida via

antropometria manual. Ainda, mesmo as medidas manuais podem ser imprecisas pois podem ocorrer deformações nos tecidos moles no momento da medição (BUŠIĆ et al., 2020; MARSHALL; SUMMERSKILL, 2019).

Finalmente, segundo a norma ISO 20685-1 (2018), a antropometria digital deve reportar juntamente com os resultados a validação do escâner usado. Essa validação deve conter: demografia e antropometria básica dos participantes (idade, sexo, peso e altura); protocolos de escaneamento e medição (roupas, posições, localização e tipo de pontos anatômicos); dados do equipamento de escaneamento; dados relativos à amostra como médias e desvios padrões; comparativos de medidas manuais e digitais; e intervalos de confiança de 95% das comparações entre a medida manual e a feita com escâner. A norma recomenda também o arquivamento dos dados para que estes possam ser conferidos e reutilizados quando necessário.

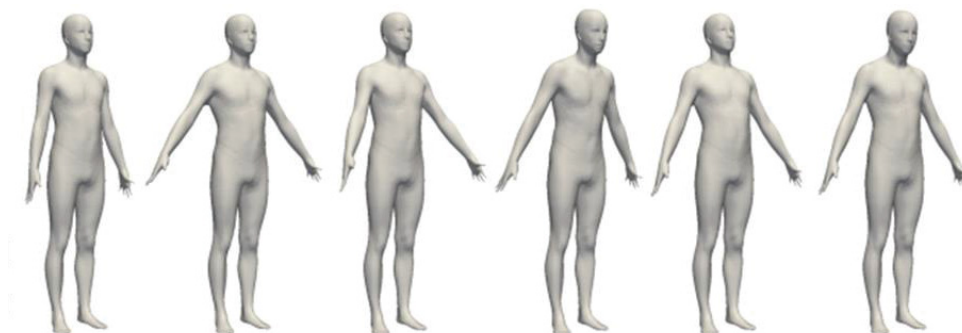
2.1.4 Causas das variações dimensionais nas coletas antropométricas

Além das questões comentadas no item anterior sobre erros de medição, outras variáveis também afetam as medidas antropométricas. Seja qual for o método de coleta, a posição adotada pelo participante e a situação da realização das medidas irão afetá-las (KLEPSEK et al., 2020; PHEASANT, 2003). Os fatores geradores de alterações dimensionais para as coletas manuais são a posição, postura, respiração e outras questões biológicas, já para as coletas digitais, além desses, as roupas e movimentações influenciam nas dimensões (BUŠIĆ et al., 2020). As medidas obtidas por meio de antropometria digital são mais afetadas pela respiração, postura e roupas, pois o escaneamento 3D é efetivamente uma “foto em 3D” (MARSHALL; SUMMERSKILL, 2019; MEDINA-INOJOSA et al., 2016).

O principal fator que afeta tanto medidas manuais quanto digitais é a postura adotada no momento da coleta pois, dependendo do seu posicionamento, os membros sofrem variação dimensional (KLEPSEK et al., 2020; BOGOVIĆ et al., 2019; SCHWARZ-MÜLLER; MARSHALL; SUMMERSKILL, 2018; MARKIEWICZ et al., 2017; MEDINA-INOJOSA et al., 2016). Um exemplo é o de Danckaers et al. (2019) que demonstram que mesmo em posições normatizadas encontram-se variações de postura em bases de dados. Na Figura 7 é possível verificar essas variações encontradas em uma mesma base com diferentes espaçamentos entre os membros superiores e tronco e cabeça inclinados para diferentes direções. Inclusive, a

alteração prevista na ISO 20685-1 (2018) onde os membros inferiores e superiores são levemente afastados para possibilitar a digitalização do seu interior, podem gerar medidas diferentes das obtidas manualmente como o aumento da circunferência do quadril e altura e largura do ombro (MARKIEWICZ et al., 2017; LEE et al., 2015). Sobre as alterações dimensionais causadas pela variação de posturas Kozar et al. (2014) encontraram valores entre -0.2% e 1.21% de alteração.

FIGURA 7 - VARIAÇÕES POSTURAIS EM POSIÇÕES NORMATIZADAS



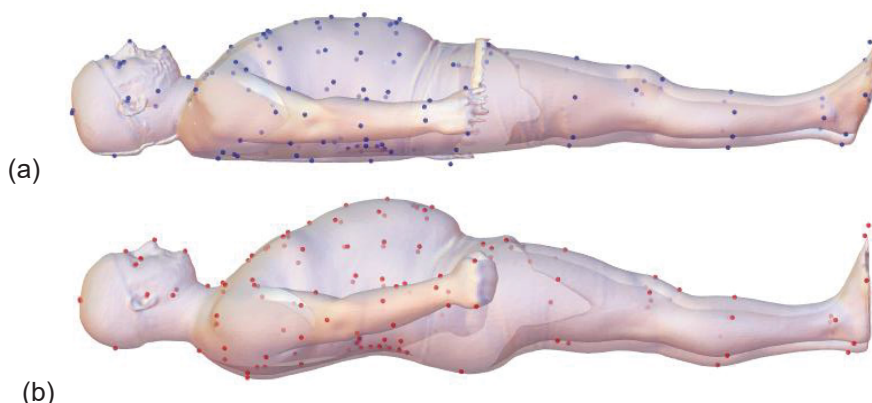
FONTE: Danckaers et al. (2019, p. 840).

Ainda para a obtenção de medidas para a postura sentada via a postura em pé, Choi e Ashdown (2011) chegaram à conclusão de que a maioria das variações não ultrapassou as marcas de ± 5 mm, exceto para as medidas no entorno do quadril como comprimento da perna, medida cintura-quadril, e circunferência do quadril que ultrapassaram esses valores. Isso indica que, as medidas da postura sentada não devem ser aferidas a partir das medidas em pé, o que é corroborado por Klepser et al. (2020), Bogović et al. (2019) e Kozar et al. (2014).

Outro aspecto apresentado por Park e Reed (2014) é sobre a movimentação involuntária e instabilidade da postura estática por um dado período de tempo. Em coletas digitais a postura deve ser estabilizada de maneira a obterem-se medidas sem variações causadas pelo balanço do corpo em busca de equilíbrio.

A deformação dos tecidos moles é outro fator de variação dimensional. Tanto nas medições manuais, causadas por instrumentos, quanto nas digitais causadas pela pressão das roupas e apoio do corpo (LINDELL et al., 2021; HEYMSFIELD et al., 2018; JONES et al., 2016; MEDINA-INOJOSA et al., 2016). Nas medições digitais, o uso de instrumentos de estabilização pode causar deformações como no caso de Jones et al. (2016) que escanearam pessoas obesas deitadas causando deformação dos tecidos moles na parte posterior do corpo, Figura 8.

FIGURA 8 - VARIAÇÕES DIMENSIONAIS EM PÉ E DEITADO



LEGENDA: a) Malha obtida com o participante deitado; b) Malha obtida com o participante em pé.

FONTE: Jones et al. (2016, p. 4).

Segundo os autores, quanto maior a camada de gordura, mais deformações são presentes e maior dificuldade de acurácia dimensional, tanto pela deformação dos tecidos quanto pela dificuldade na obtenção dos pontos anatômicos exatos. Vale ressaltar que participantes em pé terão deformações nos tecidos moles causadas pela ação da gravidade, o que pode ser visto na Figura 8-b (JONES et al., 2016).

Outra questão é o uso de roupas que podem adicionar espessura, deformar formatos de corpo e esconder morfologias complexas (MARSHALL; SUMMERSKILL, 2019; COSTA et al., 2018). Mesmo assim, quando é desenhado um produto que considera as medidas e morfologia dos usuários deve ser adicionado um valor às medidas das pessoas sem roupas de maneira a considerar o fato de que usarão roupas quando fizerem o uso do produto (PHEASANT, 2003).

Similar ao caso das roupas, a etapa da respiração também afeta as medidas pois quanto mais inflado está o pulmão maior será a circunferência torácica entre outras o que afeta o volume total do corpo e morfologia (SILVER; WILSON, 2020; LIU et al., 2017; MEDINA-INOJOSA et al., 2016). No entanto, Schwarz-Müller, Marshall e Summerskill (2018) encontraram que as variações respiratórias em ritmo normal, no momento do escaneamento não afetaram a acurácia dimensional das medidas. Outros fatores também apontados que afetam as dimensões e morfologias do corpo são a tensão abdominal e conteúdos estomacais (MEDINA-INOJOSA et al., 2016).

Sobre a importância da acurácia das medidas Pheasant (2003, p. 28) escreve:

O corpo humano tem muito poucas arestas vivas –seus contornos são arredondados e geralmente é macio e instável. A consequente dificuldade em identificar pontos de referência e controlar a postura torna virtualmente impossível alcançar uma precisão melhor que 5 mm na maioria das medidas

antropométricas— e para algumas dimensões os erros podem ser muito piores (a altura do cotovelo sentado é um exemplo notório). Esses erros, entretanto, são insignificantes em comparação com aqueles que podem ocorrer mesmo na aplicação das tabelas mais precisas. (Tradução da autora).

Pheasant (2003, p. 28, Tradução da autora) salienta também que “na prática existem poucos problemas diários que exigem uma especificação ergonômica com uma precisão de mais de 25 mm. Podemos chamar isso de polegada antropométrica”. Esses comentários elucidam um ponto importante relacionado com a antropometria e pelos fatores apresentados neste item. Mesmo com pequenas variações dimensionais, a questão mais relevante a ser considerada é o efetivo uso dessas medidas no desenvolvimento de produtos ergonômicos e seguros.

2.1.5 Dispositivos de posicionamento

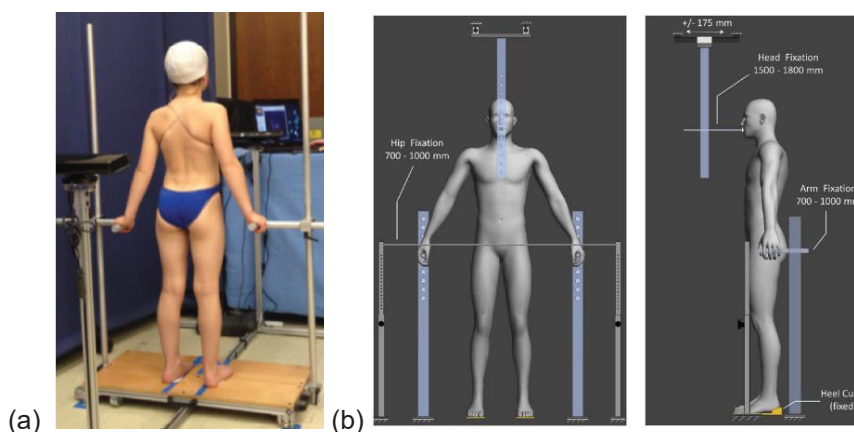
Como descrito anteriormente, a postura assumida pelos participantes no momento da captura tridimensional é uma questão recorrente. Fato que pode afetar a realização de estudos antropométricos como no caso de Desbois et al. (2020) que diante de pacientes com queimaduras graves que não podiam colocar-se em pé, sem um método para a coleta, ficou inviabilizado seu estudo. Para tanto, encontram-se alguns artifícios e dispositivos de posicionamento que pretendem padronizar e estabilizar as posturas dos participantes minimizando essas questões.

Alguns desses artifícios são mais simples como desenhos no chão para o posicionamento dos pés (CHIU; PEASE; SANDERS, 2016; TOMKINSON; SHAW, 2013), desenhos na parede como guia de posicionamento (LU et al., 2017) e apoios de pés e mãos (SIMENKO et al., 2017; CHIU; PEASE; SANDERS, 2016). Já outros são mais completos como dispositivos completos de posicionamento do corpo (SCHWARZ-MÜLLER; MARSHALL; SUMMERSKILL, 2018; CRYTZER et al., 2016; RUDOLF et al., 2015; KOZAR et al., 2014). Encontram-se dispositivos mais completos para três posições específicas. A posição em pé, sentada e deitada.

Para a posição em pé, Figura 9, dois trabalhos chamam a atenção por tratarem do desenvolvimento do artefato. Park e Reed (2014), Figura 9 – a, criaram um dispositivo desmontável para o apoio das mãos e dos pés e similarmente Schwarz-Müller, Marshall e Summerskill (2018) desenvolveram um dispositivo de suporte para mãos, pés e cabeça com ajustes de altura, Figura 9 - b. Algumas das similaridades entre os dois modelos são as marcações de posicionamento dos pés e barras de apoio

das mãos com alturas ajustáveis. Ainda, Schwarz-müller, Marshall e Summerskill (2018) optaram por mais um apoio que é o de cabeça devido a alta variabilidade postural dessa parte do corpo como comentado por Tomkinson e Shaw (2013). Esses dois dispositivos se utilizam de características vantajosas dos escâneres para o desenvolvimento dos suportes como o uso de materiais que são pouco reconhecidos pelos escâneres e a possibilidade de mesclar malhas para geração de uma completa.

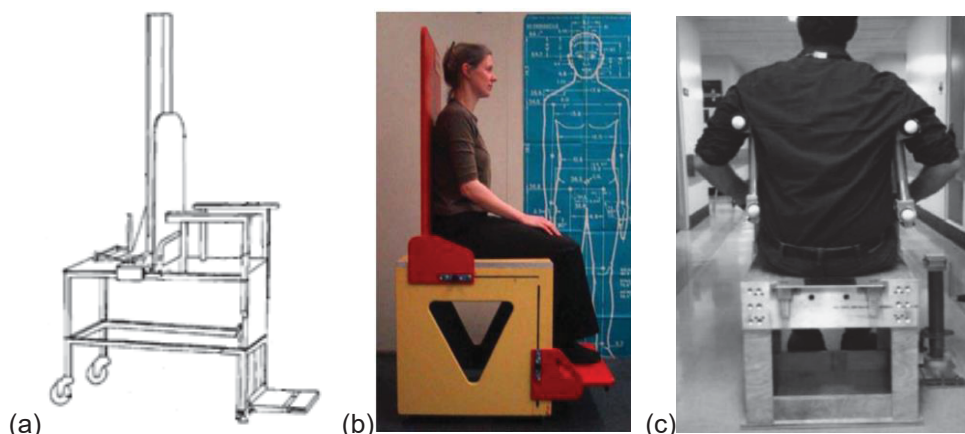
FIGURA 9 - DISPOSITIVOS DE POSICIONAMENTO EM PÉ



FONTE: a) Park e Reed (2014, p. 1-2); b) Schwarz-Müller, Marshall e Summerskill (2018, p. 94).

Os seguintes trabalhos são os que utilizaram dispositivos de posicionamento da pessoa sentada, Figura 10 e 11. Esses suportes físicos são divididos entre dois grupos, cadeiras antropométricas, como as propostas por Bussell e Michaud (1981), Figura 10 - a, e Molenbroek, Mantas e Bruin (2011), Figura 10 – b, para medição manual e suportes mais simples para padronização da posição para escaneamento como proposto por Crytzer et al. (2016), Figura 10 - c.

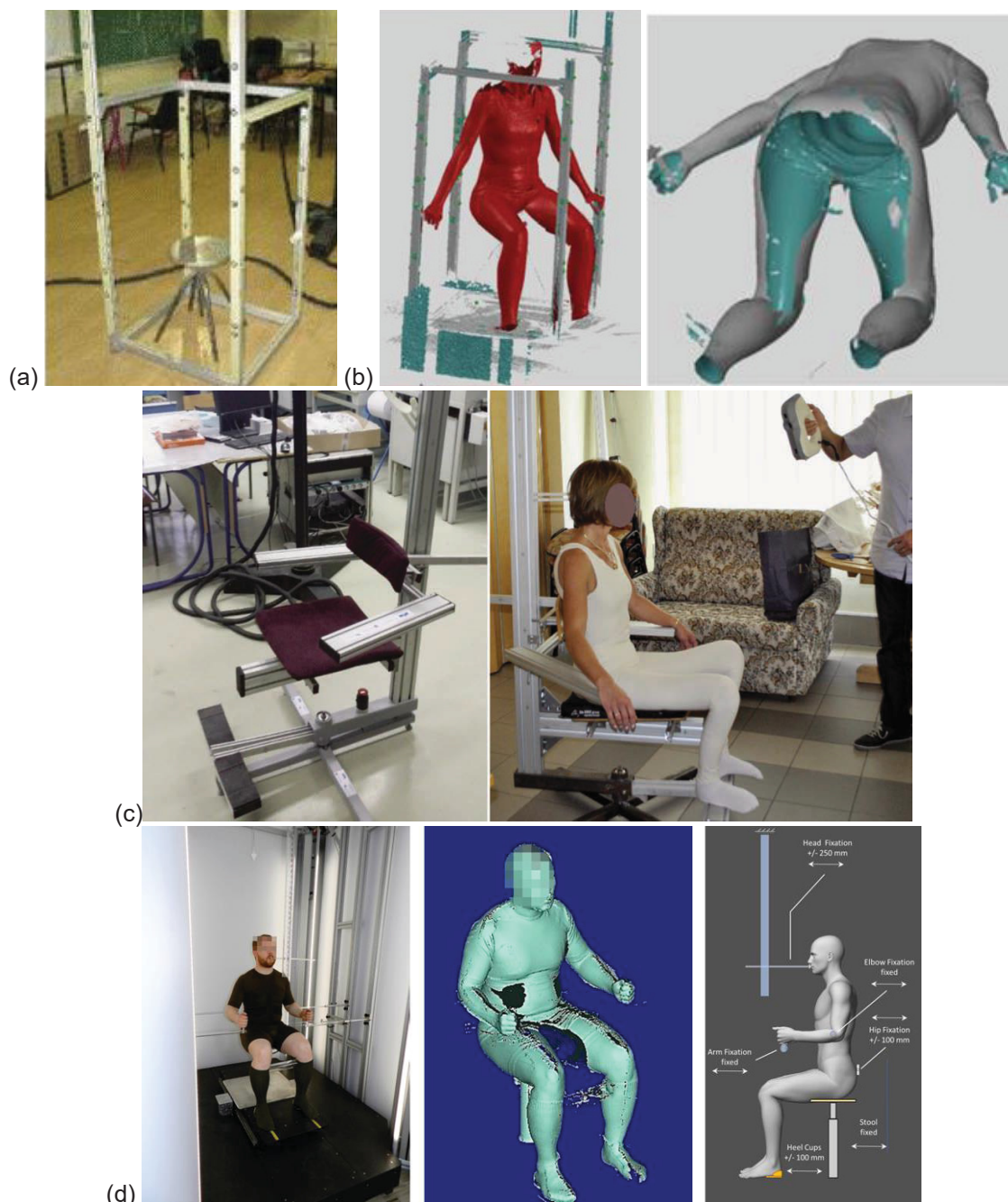
FIGURA 10 - DISPOSITIVOS DE POSICIONAMENTO SENTADO – GRUPO 1



FONTE: a) Adaptada de Bussell e Michaud (1981, p. 834); b) Molenbroek, Mantas e Bruin, 2011 (p. 237); c) Crytzer et al. (2016, p. 1001).

O segundo grupo de dispositivos para o suporte sentado são os que atentam o posicionamento de todo o corpo como é o caso de Kozar et al. (2014), Figura 11 - a, e Rudolf et al. (2015), Figura 11 - b, que usaram o mesmo dispositivo que possui um banco e apoios para os membros superiores; Rudolf et al. (2017), Figura 11 - c, com um assento ajustável com encosto e o de Schwarz-Müller et al. (2021), Figura 11 - d, que criaram uma variação sentada para o projeto apresentado na Figura 9 - b.

FIGURA 11 - DISPOSITIVOS DE POSICIONAMENTO SENTADO – GRUPO 2



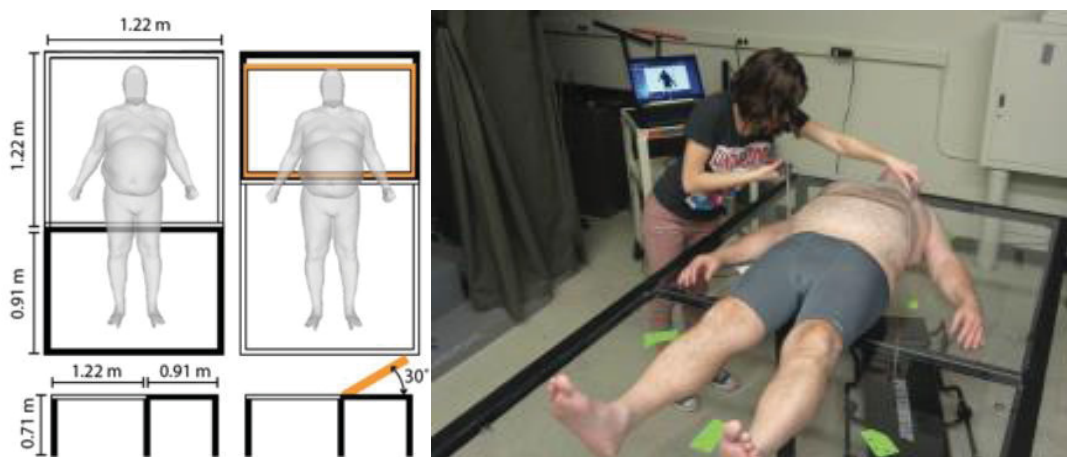
FONTE: a) Kozar et al. (2014, p. 2); b) Rudolf et al. (2015, p. 1180 e 1182); c) Rudolf et al. (2017, p. 85). d) Schwarz-Müller et al. (2021, p. 6 e 8).

Todos os dispositivos para as pessoas sentadas possuem suportes para posicionar o sujeito de maneira que esteja na postura normatizada no estudo realizado. Percebe-se que o principal fator negativo é a interferência dos suportes para o escaneamento como demonstrado na Figura 11 - b, de Rudolf et al. (2015), que tiveram de reconstruir toda a parte posterior do corpo e dos pés e de Schwarz-Müller et al. (2021), Figura 11 - d, que tiveram ainda mais falhas relacionadas com configuração do escaneamento, o que resultou em buracos que precisaram ser reconstruídos. Isso coloca em questionamento a acurácia das medidas realizadas.

Apesar dessas questões de configuração experimental, Lindell et al. (2021) comentam que o escaneamento da pessoa sentada, mesmo se em um banco simples, ajuda no equilíbrio. Isso diminui suas movimentações involuntárias e também permite a abrangência de maiores parcelas da população como idosos e PcDs.

O outro trabalho que foi selecionado, pois optou por realizar escaneamento com pacientes deitados, é o de Jones et al. (2016), este foi o único encontrado com essa configuração. Os autores desenvolveram uma moldura em vidro para posicionamento dos pacientes deitados e realização de escaneamento à laser, Figura 12. A moldura é articulada para que possa ser levemente elevada para pacientes que não podem adotar a posição completamente horizontal por condições médicas.

FIGURA 12 - DISPOSITIVO DE POSICIONAMENTO DEITADO



FONTE: Jones et al. (2016, p. 2).

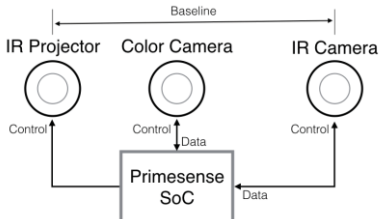
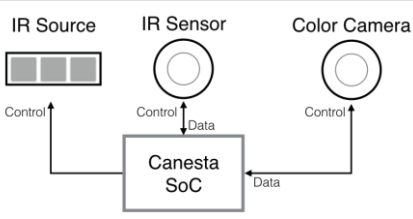
O trabalho de Jones et al. (2016) causa dúvidas em relação à validade das medidas dada a deformação dos tecidos moles que acontecem com a posição deitada. Para resolver esta questão os autores propõem um algoritmo de compensação da malha escaneada para atingir o formato que possuiria quando em

pé. No entanto, como já foi comentado, a camada de gordura dos participantes também sofre deformações quando o participante está em pé. Assim é necessário reiterar que a posição do escaneamento deve ser similar à posição objetivada, assim a deformação da morfologia do participante se assemelhará àquela do uso final.

2.1.6 Escaneamento 3D com o Kinect

O Kinect é um equipamento que utiliza luz infravermelha para a captura de movimentos que foi lançado como um acessório para o videogame Xbox, da empresa Microsoft (BRENDLER et al., 2016) e possui duas versões, Quadro 5. Atualmente esses equipamentos não são mais fabricados (WILSON, 2017), no entanto, por serem considerados, entre os escâneres de baixo custo, um dos mais validados para a antropometria digital, optou-se por utilizá-los neste estudo. Ademais, outros escâneres que utilizam a mesma tecnologia de escaneamento por infravermelho podem substituí-lo desde que sejam previamente validados para a antropometria digital.

QUADRO 5 - COMPARATIVO DAS DUAS VERSÕES DO KINECT

Versão	KINECT 360 (V1)	KINECT ONE (V2)
Lançamento	2010	2013
Configuração formal		
Luz	Infravermelha	Infravermelha
Método	Triangulação	Tempo de voo
Processador	PrimeSense	Canesta
Configuração dos sensores		
Resolução	640x480 / 1280x1024	1920x1080

FONTE: Adaptado de Microsoft (2019) e Guidi, Gonizzi e Micoli (2016); Dutta (2012).

Sua aplicação inicial foi o controle de jogos por meio de movimentos corporais, mas, dada a sua funcionalidade na captura 3D, a empresa disponibilizou adaptadores para que possa ser utilizado para tal fim (MICROSOFT, 2019). Ele é considerado um escâner acessível, manual e de baixo custo. Diversos trabalhos optam pela sua utilização justamente por esses motivos (GLEASON et al., 2018; TARABINI et al.,

2018). Um fator positivo do Kinect é a capacidade de mapear cores dos objetos juntamente com sua morfologia e de salvamento das malhas tridimensionais em tamanho real sem a necessidade de aplicação de escala (DUTTA, 2012).

A primeira versão, chamada de Kinect 360, utiliza a tecnologia de triangulação de luz infravermelha da empresa PrimeSense (DUTTA, 2012) e é composta por um sensor e um emissor de luz infravermelha para a captura de profundidade e de uma câmera RGB com resolução de 640x480 pixels. A segunda versão chamada de Kinect ONE é baseada na Tecnologia de Tempo de Voo, ToF, é composta por uma câmara RGB, sensor de profundidade, emissor de luz infravermelha, e processador Canesta (ROSENMAN, 2017). O funcionamento das duas versões do Kinect está atrelado à sua conexão em um computador por meio de um adaptador proprietário da Microsoft e instalação de drivers de funcionamento conhecidos como SDK na versão 1.2 para o Kinect 360 e 1.8 para o Kinect ONE (CLARKSON et al., 2015).

Os sensores Kinect de uma mesma versão podem ser utilizados sozinhos ou em conjunto. Há controvérsias quanto ao número de sensores que devem ser utilizados (FURFERI et al., 2017; SOILEAU et al., 2016). Dutta (2012), por exemplo, propõe o uso dos sensores fixos e de uma plataforma giratória onde o sujeito é colocado, já Tong et al. (2012) propõem que o sujeito fique parado e que sejam posicionados três sensores (parte superior, média e inferior do corpo). A utilização de mais de um equipamento por vez diminui o tempo de escaneamento, no entanto, aumenta a complexidade da atividade e faz com que seja necessário mais tempo de configuração, calibração e de pós processamento (GUIDI; GONIZZI; MICOLI, 2016).

Um outro fator a ser considerado é que a precisão do equipamento varia de acordo com a distância entre o escâner e o objeto escaneado, Tabela 2 (GUIDI; GONIZZI; MICOLI, 2016; GONZÁLEZ-JORGE et al., 2013; DUTTA, 2012).

TABELA 2 - ERRO (mm) DE ACORDO COM A DISTÂNCIA AO OBJETO

<i>Distância (mm)</i>	<i>Kinect 360 (V1)</i>	<i>Kinect ONE (V2)</i>
550	2,090	3,558
650	2,296	1,521
750	2,819	1,588
850	3,314	2,439
950	3,579	1,598
1050	3,584	2,462
1150	3,965	2,676
1250	4,007	1,954
1350	3,903	1,732
1450	-	2,273

FONTE: Guidi, Gonizzi e Micoli (2016).

Sobre a precisão e confiança do Kinect para o escaneamento de pessoas em posturas estáticas, encontraram-se resultados positivos, porém divergentes entre si que podem ser verificados na Tabela 3. Todos os estudos consideram o público normatizado sem deficiência. Na tabela são apresentados os dados relacionados com a precisão e a confiabilidade das medidas obtidas de digitalizações feitas com o Kinect na versão 360 (V1) e na versão ONE (V2). Os experimentos de validação são divididos em comparativos com a dimensão real; comparativos com o método direto de coleta antropométrica; e comparativos entre diferentes escâneres, que são os principais métodos de validação para os escâneres 3D.

TABELA 3 - PRECISÃO E CONFIANÇA DIMENSIONAL DO KINECT

Experimento	Precisão (mm)	Confiabilidade	Referências
<i>Comparativo com medida real</i>	V1: -0,34	-	Karbowski (2017)
	V1: 2 ~ 4 mm		Guidi; Gonizzi; Micoli (2016)
	V2: 1,5 ~ 3,5		
	V1: 2,08 (DP 0,92)	V1: 95% ETM <1%	Clarkson et al. (2015)
	V1: X: 0,65 (DP 0,48)		Dutta (2012)
	V1: Y: 1,09 (DP 0,59)		
	V1: Z: 0,57 (DP 0,42)		
<i>Comparativo com método direto</i>	V1: Dist. 1m: 5 ~ 15		González-Jorge et al. (2013)
	V1: Dist. 2m: 5 ~ 25		
	V1: < 1,5% Erro	V1: ETM 0,90% ~ 2,66%	Bragança et al. (2018)
	V1: 11,39 (DAM 59,94)		Bragança et al. (2017)
		V1: Boa correlação	Bourgeois et al. (2017)
		V1: 97,96%	Brendler; Teixeira, (2016)
	V1: 0.001 m ³	V1: ICC>0.7 ETM<1%	Clarkson et al. (2015 ; 2014)
<i>Comparativo entre escâneres</i>	V1: 3,5 ~ 68,1		Bragança et al. (2014)
	V1: 0,5 ~ 2,5		Brendler et al. (2016)
	V1: DP 3,91 (Span 6,60)		Kersten et al. (2016)
	V2: DP 4,28 (Span 8,52)		
	V1: Altura: - 1,4 ± 0,5%		Soileau et al. (2016)
	V1: Circunf.: -2,1 ± 1,8%		
	V1: Volume: -0,8 ± 2,2%		
	V1: Área: - 1,7 ± 2,0%		
	V1: 9,44 (5,01)		Park; Reed (2014)

LEGENDA: V1: Kinect 360; V2: Kinect ONE; DP: Desvio padrão; DAM: Diferença média absoluta; ETM: Erro técnico de medição; Span: diferença entre valor mais alto e mais baixo; ICC: Coeficiente de correlação intraclasse.

FONTE: A autora (2022).

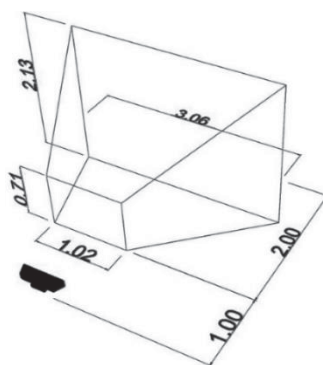
Os dados de precisão e confiabilidade são transcritos como reportados, e por isso divergem no modo de apresentação. Alguns apresentam erros com desvio padrão como no caso de Clarkson et al. (2015) e Dutta (2012). Alguns apenas o desvio padrão como em Kersten et al. (2016). Outros utilizam medidas em metros cúbicos e medidas associadas diretamente com o erro técnico de medição (ETM) como em Clarkson et

al. (2015; 2014). Em outros casos encontram-se resultados do desvio médio absoluto (DAM) como em Bragança et al. (2017); diferença entre valor mais alto e mais baixo (SPAN) como em Kersten et al. (2016) e coeficiente de correlação intraclass (ICC) como em Clarkson et al. (2015; 2014). E por fim, alguns se limitam a indicar que houve ou não confiança, sem precisão numérica como em Bourgeois et al. (2017).

Sobre os resultados, conclui-se que a sua divergência se deva à configuração experimental pois o Kinect se trata de um equipamento portátil e sua tecnologia de captura é afetada pela luz do ambiente. No entanto, a maior parte dos valores não ultrapassam os 4 a 5 mm aceitos pela ISO 20685 (2010) para segmentos, alturas, larguras, circunferências e profundidades do corpo. Ainda, a despeito das controvérsias quanto a acurácia, precisão e confiabilidade do Kinect, Brendler et al. (2016) e Dutta (2012) consideram que as vezes é preferível abdicar um pouco de acurácia, para ganhar com a portabilidade, facilidade e acessibilidade do processo.

Além das alterações de qualidade, a distância também altera o campo de visão do equipamento. Isso possibilita o uso do Kinect para escaneamento de partes do corpo, objetos de tamanho médio e até mesmo de ambientes. Sobre o campo de visão do Kinect 360, Dutta (2012) encontrou um campo que varia entre um e três metros, com 0,71 m de altura e 1,02 m de largura para uma distância de um metro e 2,13 m de altura e 3,06 m de largura para uma distância de três metros assim como esquematizado na Figura 13. Por causa dessa diferença, alguns autores optam pela utilização dos escâneres na posição vertical para escaneamento do corpo humano quando está em pé (TANAKA; SOGABE, 2017; CLARKSON et al., 2015).

FIGURA 13 - CAMPO DE VISÃO DO KINECT



FONTE: Adaptado de Dutta (2012, p. 649).

Feitas as considerações sobre o escâner utilizado neste trabalho e suas propriedades, parte-se para uma próxima questão que é o momento do escaneamento

e suas consequências para a malha obtida. Alguns dos principais fatores influenciadores da qualidade final da malha são as variabilidades técnicas do escâner, contextuais e as humanas (SCHWARZ-MÜLLER; MARSHALL; SUMMERSKILL, 2018). O Quadro 6 aponta os fatores que afetam a qualidade da malha digitalizada.

QUADRO 6 - FATORES QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DA MALHA

Variabilidade	Fatores que influenciam na qualidade	Consequências para malha
Variabilidade técnica	Precisão do <i>hardware</i> de escaneamento.	Baixa precisão da malha.
	Performance do escaneamento.	Deformação da malha.
	Qualidade do <i>software</i> de aquisição.	Perda e simplificação da malha.
	Performance do software de medidas.	Medidas incorretas.
Variabilidade contextual	Tamanho e forma do que será digitalizado.	Incapacidade de captar geometria.
	Cenário experimental.	Deformação da malha.
	Protocolo de coleta (vestimenta / postura).	Deformação da malha.
	Iluminação do ambiente.	Impossibilidade de escanear.
	Distância do escâner para o objeto.	Impossibilidade de escanear.
Variabilidade humana	Postura dos participantes	Deformação da malha
	Habilidade em imitar uma postura	Deformação da malha.
		Incapacidade de captar geometria.
	Tempo em posição estática	Deformação da malha
	Movimentação do participante	Deformação da malha

FONTE: Adaptado de Schwarz-Müller; Marshall; Summerskill (2018, p. 91).

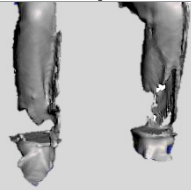
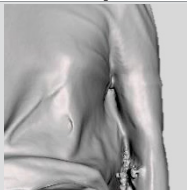
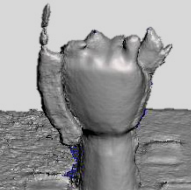
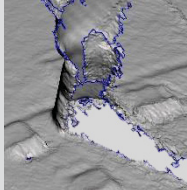
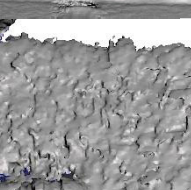
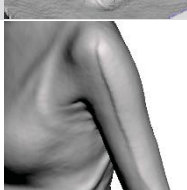
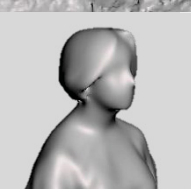
As principais consequências da variabilidade técnica que podem acontecer são baixa precisão e deformação da malha. Sobre o software de tratamento, uma preocupação é a simplificação da malha que a afeta dimensionalmente (BRAGANÇA et al., 2017). Em termos do protocolo de coleta, variabilidade contextual, o ambiente deve estar iluminado e a distância entre o equipamento e o que será escaneado, deve ser aquela identificada como de melhor qualidade para aquele experimento. Como o Kinect utiliza infravermelho, tem melhor funcionamento em ambientes iluminados artificialmente (ROSENMAN, 2017). A configuração do experimento também deve estar adequada: o ideal é que, ou o escâner ou os objetos, estejam estáticos e que o outro seja movido regularmente (GILL; HAYES; PARKER, 2016).

Para os fatores que influenciam na qualidade da malha que são causados pelos participantes, deve-se considerar sua capacidade de adotar a posição e de mantê-la pelo tempo determinado (KLEPSE et al., 2020; HEYMSFIELD et al., 2018; BROGIN; OKIMOTO; HEEMANN, 2015). Sobre o tempo de digitalização, ele varia entre 30 segundos e três minutos (BRENDLER et al., 2016; COSTA et al., 2015). Tempos menores implicam em menos fadiga e consequentemente menos movimentações involuntárias. No entanto, tempos menores implicam em menos tempo de coleta que pode causar partes não escaneadas (HEYMSFIELD et al., 2018; SHU; XI; WUHRER,

2013). A própria postura adotada causa falhas no escaneamento como sombras, áreas ocultas e movimentações voluntárias e involuntárias (KLEPSEK et al., 2020).

A partir dessas considerações podem-se elencar as principais falhas possivelmente encontradas na malha escaneada. As falhas podem ser de calibração, limitações de software e hardware, objetos estranhos, qualidade superficial, simplificação, fusão de geometria, movimentação, oclusão, reconstrução, baixa precisão e perda de malha. O Quadro 7 resume e exemplifica essas falhas.

QUADRO 7 - POSSÍVEIS FALHAS ENCONTRADAS NA MALHA

<i>Falha</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>	<i>Falha</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>
<i>Calibração</i>	Desencontro da malha e outras falhas quando se utiliza mais de um escâner.		<i>Fusão de geometria</i>	Agrupamento e ligação de partes separadas devido à proximidade.	
<i>Limitações de software e hardware</i>	Falhas devido a configuração experimental (tamanho e distância).		<i>Movimentação</i>	Falhas de movimentação durante o escaneamento.	
<i>Objetos estranhos</i>	Geração de objetos no entorno da malha escaneada, geometrias falsas.		<i>Oclusão</i>	Aberturas na malha gerados a partir de sombras ou falta de alcance do escâner.	
<i>Qualidade superficial</i>	Saliências e triângulos em partes que são consideradas lisas.		<i>Reconstrução (Erros de costura)</i>	Desencontros no fechamento da malha conhecidos como erros de costura.	
<i>Simplificação.</i>	Alisamento excessivo da malha sem consideração pela deformação dimensional.		<i>Baixa precisão</i>	Comparação entre as medidas obtidas no escâner e outro meio	
			<i>Perda de malha</i>	Falhas relacionadas ao software, salvamento e dados corrompidos.	

FONTE: A autora (2022).

Na malha digitalizada, poderá haver alguma das falhas elencadas que precisam ser reparadas antes do seu uso. A sua reparação pode ser feita automaticamente, ou manualmente e nela objetiva-se a menor deformação possível de modo a garantir a acurácia dimensional (HEYMSFIELD et al., 2018; WEIGERT, 2017).

2.1.7 Tratamento, medição e utilização da malha

Em seguida ao escaneamento é feito o tratamento das informações tridimensionais coletadas para que possam ser analisadas e efetuadas as medidas e avaliações de volume e morfologia. O tratamento é dividido em processamento e pós-processamento. O processamento é feito logo após o escaneamento e envolve a transformação da nuvem de pontos gerada pelo software de escaneamento para a malha tridimensional. Esta etapa é geralmente automática. O pós-processamento envolve a análise, correção e reparação da malha para utilização das morfologias e obtenção das medidas (BARRIOS-MURIEL et al., 2020; HEYMSFIELD et al., 2018).

A análise das malhas recém processadas precisa ser realizada para garantir a qualidade do resultado final (ALEMANY et al., 2019). Malhas com muitas falhas como as listadas no Quadro 7 geram resultados de medidas inconsistentes e por isso há preferência pela sua eliminação. Em seu trabalho Silver e Wilson (2020) comentaram que uma análise visual feita por técnicos experientes foi suficiente para que os resultados finais se aproximassem melhor das dimensões reais dos participantes.

Os *softwares* utilizados para analisar, tratar e utilizar a malha dividem-se entre *softwares* próprios do escâner, como por exemplo, o FAST scan (ARANZ MEDICAL, 2019) que tem um escâner FAST scan e um *software* FAST scan, *softwares* próprios para escaneamento, tipo Styku (2019), *softwares* de tratamento de formas 3D como 3D Studio Max (AUTODESK, 2019) e finalmente *softwares* proprietários.

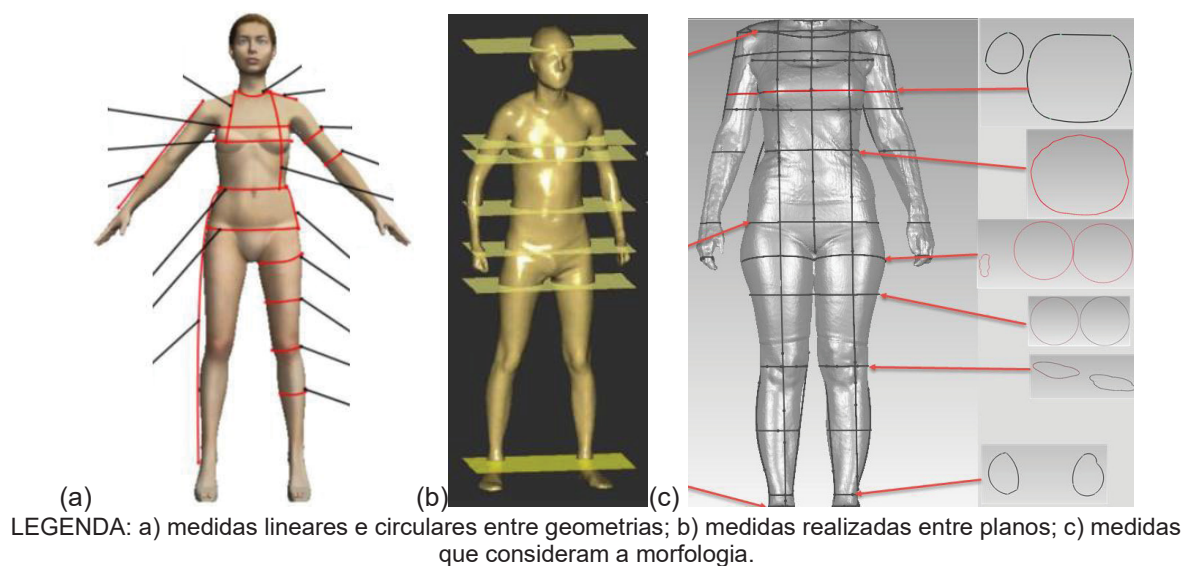
Os *softwares* próprios são ideais para quando o escâner adquirido já contém seu próprio *software* (TSOLI; LOPER; BLACK, 2014). Já os *softwares* específicos para escaneamento, mas que independem do equipamento que será utilizado podem ser classificados em *softwares* generalistas e *softwares* especializados. Os *softwares* generalistas geralmente são aqueles que possibilitam a correção da malha gerada e a criação de um objeto sólido, na maior parte das vezes com foco em impressão 3D. Já os especializados têm finalidades específicas como a aplicação na antropometria, na área da saúde ou na área de confecção de roupas (MARKIEWICZ et al., 2017).

Outra possibilidade para o tratamento das malhas escaneadas é a de utilizar *softwares* de modelagem 3D como o 3D Studio Max (BRENDLER; TEIXEIRA, 2016), para o tratamento dos dados. O positivo de utilizar essas tecnologias é que por serem mais comuns os pesquisadores que já possuem conhecimento no seu uso podem utilizá-las sem a necessidade de adquirir novas competências (GILL et al., 2017). Mas,

para adotar esse tipo de ferramenta se exige que haja adaptação do método da coleta dos dados para que seja possível sua utilização. Por exemplo Dutta (2012), adaptou o *software* MatLab para poder realizar medidas com um modelo escaneado por Kinect. Também associado ao Kinect, Brendler e Teixeira (2016) usaram o *software* Kscan3D.

Na realização das medidas tanto por softwares próprios quanto para os adaptados, encontram-se três principais procedimentos de obterem-se as dimensões. Medidas lineares e circulares entre pontos anatômicos, Figura 14 - a, que não consideram a morfologia, mas permitem a coleta de medidas com partes do corpo em posições angulares, medidas lineares, principalmente alturas, entre planos traçados na altura dos pontos anatômicos, Figura 14 - b, e medidas perimetrais e lineares que consideram a morfologia, Figura 14 - c (SCHWARZ-MÜLLER; MARSHALL; SUMMERSKILL, 2018; LOEFFLER-WIRTH, et al., 2017; MARKIEWICZ et al., 2017; BRENDLER; TEIXEIRA, 2016; SPAHIU; SHEHI; PIPERI, 2015; DUTTA, 2012).

FIGURA 14 - PROCEDIMENTOS DE OBTENÇÃO DAS MEDIDAS DIGITAIS



FONTE: a e c) Spahiu; Shehi; Piperi (2015, p. 2139); b) Schwarz-Müller; Marshall; Summerskill (2018, p. 90).

Identificaram-se os estudos de Kozar et al. (2014) e Hirshberg et al. (2011) que desenvolveram *softwares* proprietários para uso juntamente com escâner 3D. Estes funcionam do seguinte modo: o sujeito é direcionado à uma posição que o *software* foi programado para reconhecê-lo. A posição então é subdividida em segmentos do corpo (cabeça, braços, tronco, pernas, pés e mãos), as quais têm seus pontos anatômicos identificados e medidos. Outra maneira de automatização do processo é conhecida como “antropometria baseada em modelos” que consiste na deformação

de um modelo humano tridimensional virtual já existente para a posição e tamanho da pessoa escaneada. Como esse boneco já tem os pontos anatômicos embutidos, as medidas podem ser feitas com confiabilidade (TSOLI; LOPER; BLACK, 2014).

Outro aspecto de relevância sobre a antropometria digital é a efetiva utilização das medidas no desenvolvimento de produtos e ambientes (SIMS et al., 2012). Segundo Ballester et al. (2014), ainda se utiliza a antropometria digital para captar medidas unidimensionais e construir tabelas de medidas. No entanto, existem iniciativas que objetivam a incorporação das informações tridimensionais para o desenvolvimento de produtos e inserção em ambientes virtuais (SCATAGLINI; PAUL, 2019; LEE et al., 2015), o que parece ser uma tendência.

Esse uso voltado para a utilização de dados morfológicos e contextuais juntamente com os dimensionais perpassa por três aplicações. A construção de bases de dados com acesso às informações tridimensionais, para esse caso as bases de dados precisam ser aprimoradas para que seu acesso seja mais fácil e as informações prontamente acessíveis. Com a criação de modelos humanos digitais, que possuem as características morfológicas das pessoas digitalizadas, que podem ser utilizados durante o projeto e em simulações virtuais. E, finalmente, na aplicação direta da malha no desenvolvimento de produtos que depende da qualidade superficial e dimensional obtida (YAN; WIRTA; KÄMÄRÄINEN, 2020; DESBOIS et al., 2020; ALEMANY et al., 2019; DANCKAERS; HUYSMANS; SIJBERS, 2019; VERWULGEN et al., 2018; SCATAGLINI; PAUL, 2019; STEINFELD; LENKER; PAQUET, 2002).

As aplicações mais recentes para a criação de modelos humanos digitais, utilizam grandes bases de dados de malhas escaneadas de modo a obterem dimensões parametrizadas (WANG et al., 2021; YAN; WIRTA; KÄMÄRÄINEN, 2020; SCATAGLINI; PAUL, 2019). Esses modelos ainda não podem ser usados para a criação de modelos digitais humanos com deficiência, visto que ainda não existem grandes bases de dados desse público digitalizado e que a criação de dimensões parametrizadas para eles não é adequada pelas variedades das suas morfologias e dimensões corporais que não são transponíveis das pessoas sem deficiência. Para a criação de modelos humanos digitais com deficiências físicas e motoras o ideal é a representação do indivíduo, com suas variações formais individuais apresentado juntamente com seus dispositivos de tecnologia assistiva e descrição de sua capacidade funcional (MARSHALL; SUMMERSKILL, 2019; STEINFELD et al., 2010a; BRADTMILLER, 2000; HOBSON; MOLENBROEK, 1990).

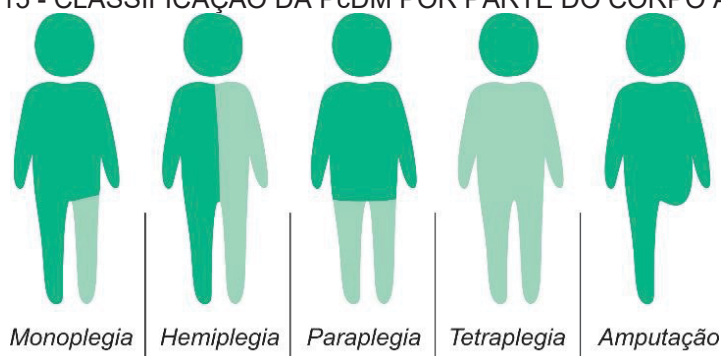
2.2 ANTROPOMETRIA E DIGITALIZAÇÃO DE PcDM

Uma pessoa é considerada com deficiência motora ao possuir disfunções congênicas ou adquiridas que influenciam na sua motricidade. Este tipo de deficiência pode ser definitivo, chamado de estável; evolutivo, que se modifica com o tempo; ou pode ser temporário, que irá se dissipar com o tempo (PALASTANGA; FIELD, 2002). Diversas podem ser as causas das deficiências motoras. Pode-se listar as principais como condições neurológicas, lesão medular, amputações, malformações, processos inflamatórios, degenerativos, alterações biomecânicas, lesões nervosas, distúrbios posturais, lesões por esforço repetitivo, sequelas de acidentes e síndromes (CARRIEL, 2014; COOK; POLGAR, 2015). Essa é acrescida pelo crescente número de idosos com dificuldades associadas (MOLENBROEK, 1987).

Os membros com deficiência motora são aqueles que não são parcialmente ou completamente controláveis. Podem ser classificados com paralisia, paresia e/ou espasticidade. Os membros paralisados são aqueles que não realizam movimentos. Membros com paresia são parcialmente controláveis, mas realizam movimentos descoordenados. Membros com espasticidade podem ou não ser controlados, mas que ocasionalmente realizam movimentos bruscos e/ou involuntários (CARRIEL, 2014). Além disso, podem possuir deformidades ou serem faltantes.

Quanto à parte do corpo afetada, Figura 15, divide-se a deficiência motora em monoplegia, que é a paralisia ou alterações funcionais de uma parte do corpo, hemiplegia, paralisia ou alterações funcionais em um lado do corpo (sagital), paraplegia, paralisia ou alterações funcionais da cintura para baixo (transversal); tetraplegia, paralisia ou alterações funcionais do pescoço para baixo, e amputado, ausência ou perda de um membro (PALASTANGA; FIELD, 2002; CARRIEL, 2014).

FIGURA 15 - CLASSIFICAÇÃO DA PcDM POR PARTE DO CORPO AFETADA



FONTE: A autora (2022).

Dentre as dificuldades causadas pelas deficiências motoras, a principal é a interdição da mobilidade. A mobilidade é fator fundamental na qualidade de vida dos sujeitos e afeta as atividades da vida diária. Essas dificuldades podem ser amenizadas com o uso de produtos assistivos que auxiliam na realização de tarefas. Por este motivo, parte dessa população faz uso constante ou frequente de cadeira de rodas para posicionamento e locomoção. Ainda, alguns não conseguem manter-se em posição ou locomover-se sem o auxílio da cadeira de rodas (COOK, POLGAR, 2015).

Parte dessa população é incapaz ou consegue apenas com dificuldade adotar algumas posições. Essas capacidades variam para cada indivíduo (CARRIEL, 2014) e em um mesmo diagnóstico clínico encontram-se divergências pois cada pessoa tem diferentes mecanismos de enfrentamento da sua deficiência (COOK; POLGAR, 2015). Na coleta da antropometria desse público, essas devem ser consideradas.

2.2.1 Antropometria de Pessoas com Deficiência Motora

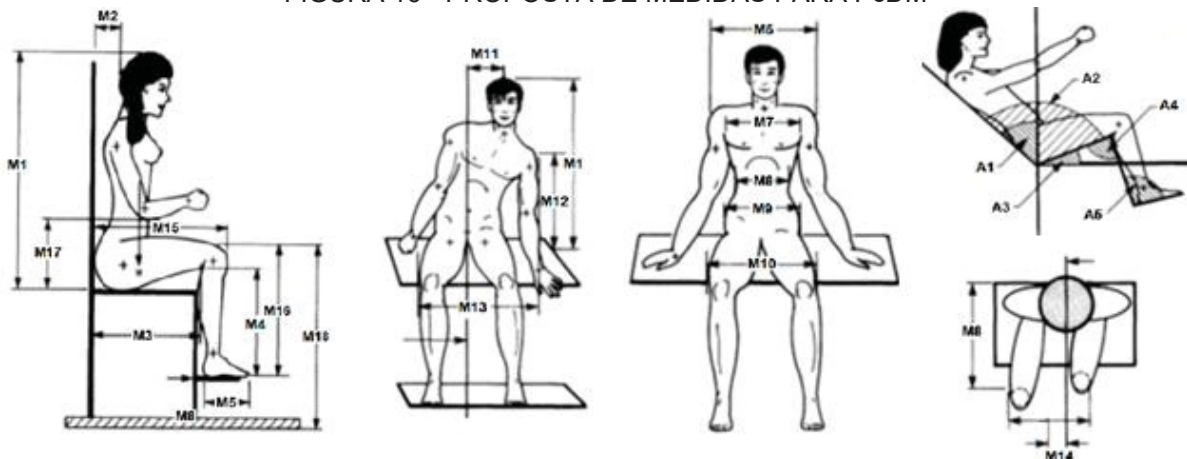
Dados antropométricos de pessoas com deficiência ainda são escassos, utilizam poucos sujeitos e são muito específicos. A alta variabilidade das deficiências dificulta a sua aquisição tornando-se um desafio para designers (STEINFELD; LENKER; PAQUET, 2002). No entanto, é importante ressaltar que o ideal é coletar as medidas do público o qual será beneficiado (BEZERRA et al., 2017, IIDA, 2005), justamente por que possuem variações dimensionais individuais (BARROS, 2007).

Bradtmiller (2000) frisa que além de não ser possível comparar medidas de pessoas com e sem deficiência, as necessidades dos públicos são distintas. Mesmo nos anos 90, Hobson e Molenbroek (1990) chegaram à conclusão de que a maior diferença entre estudos para pessoas sem deficiência e com deficiência, são as finalidades das medidas. Para o caso das PcDM, um destino da antropometria é o design de artefatos adaptados, o que gera a necessidade de medidas individuais e não de conjuntos generalizados. Ainda, Kaklanis, Stavropoulos e Tzovaras (2015) realizaram a medição de pessoas com derrame, esclerose múltipla e paralisia cerebral para determinar parâmetros de acessibilidade e identificaram que para esse tipo de público não existe um usuário médio e que para ele o corpo deve ser considerado como um conjunto funcional juntamente com a tecnologia assistiva utilizada por ele.

Outra questão que separa as populações são diferenças significativas entre o lado esquerdo e direito do corpo e desvios dos planos médios, o que exige a medição

dos dois lados do corpo separadamente e não de extrapolar as medidas do lado direito para o lado esquerdo assim como colocado pelas normas tipo ISO 7250-1 (2017) e DIN 33402 (2005). Uma proposta das medidas adequadas para pessoas com deficiência motora, é feita por Hobson e Molenbroek (1990) e considera os desvios dos planos médios e outras variações físicas, Figura 16.

FIGURA 16 - PROPOSTA DE MEDIDAS PARA PcDM



FONTE: Adaptado de Hobson e Molenbroek (1990, p. 46 e 47).

Sims et al. (2012) colocam que para públicos não normatizados, o método de coleta deve ser amplamente considerado. É importante que sejam identificadas quais as medidas serão coletadas e com quais métodos serão adquiridas essas medidas; o local onde e como serão feitas as medidas e selecionados os participantes; quanto tempo deverá ser despendido; e, ainda, a adequação dos equipamentos para a coleta de medidas dessa população. Também devem ser avaliadas as questões sobre privacidade e assistência associadas com o trabalho com população mais vulnerável.

Os estudos antropométricos de pessoas com deficiência na sua maioria não se adequam aos requisitos normatizados, pela incompatibilidade entre as necessidades e capacidades do público e as posições preconizadas (SIMS et al., 2012) ou pela falta de medidas que são relevantes para esse público (MOLENBROEK; MANTAS; BRUIN, 2011). Além disso, da mesma maneira que para a população em geral utilizam-se preferencialmente as medidas extraídas do corpo em pé, para usuários de cadeira de rodas dá-se preferência para medidas extraídas da pessoa sentada visto que é a sua posição principal (BRENDLER; TEIXEIRA, 2016; STEINFELD et al., 2010b).

As necessidades desse público para o escaneamento e antropometria digital estão ligadas em sua maioria com suas dificuldades de locomoção, de posicionamento e de se manter estático por um período de tempo (HEYMSFIELD et

al., 2018; HOBSON; MOLENBROEK, 1990). Caso o protocolo de digitalização exija roupas apropriadas, deve-se considerar mais tempo para a sua vestimenta, mais espaço e a adição de suportes na montagem do ambiente de escaneamento (SIMS et al., 2012). Outra questão importante é a fadiga mental e física associada à muitas deficiências, que necessitam de otimização do processo de escaneamento (BRENDLER; TEIXEIRA, 2016; KAKLANIS; STAVROPOULOS; TZOVARAS, 2015).

Quando se trata de usuários de cadeira de rodas, deve-se levar em consideração o ambiente que será realizada a captura tridimensional. Nesses casos, Brendler et al. (2016) e Sims et al. (2012) propõem a portabilidade do sistema de escaneamento para simplificar o processo, para que o deslocamento até os usuários de cadeira de rodas seja feito pelos pesquisadores e não o contrário. Também, na escolha do software de escaneamento e de mensuração, deve-se considerar que alguns softwares padronizados com reconhecimento de segmentos corporais, terão dificuldades em reconhecer PcDs com membros faltantes ou que adotam posturas não diferentes das programadas (SIMS et al., 2012).

Newell et al. (2011) apontam algumas outras dificuldades que podem ser encontradas na realização de estudos com pessoas com deficiência no que se refere a impossibilidade de se obter consentimento de alguns participantes –principalmente aqueles com deficiências intelectuais–, dificuldades de comunicação, necessidades particulares e necessidades conflitantes entre grupos para uma mesma atividade.

Finalmente, alguns autores questionam sobre a possibilidade de inferência estatística para a antropometria de população com deficiência dadas as diferenças significativas encontradas em cada indivíduo (STEINFELD et al., 2010a; D'SOUZA et al., 2010; PAQUET; FEATHERS, 2004; BRADTMILLER; ANNIS, 1997). Hobson e Molenbroek (1990) relatam a necessidade de discriminação entre deficiências de modo a garantir maior homogeneidade da população estudada e possibilitar o comparativo dos dados gerados. Comentam ainda que as deficiências que afetam as distribuições musculares e ósseas do corpo devem ser separadas da população geral.

2.2.2 Classificação de pessoas com deficiência

Para a estratificação do grupo amostral propõe-se algumas possíveis soluções. Bradtmiller (2000) apresenta uma divisão por categorias de condições mais frequentes e a adição de uma categoria denominada “outros” na qual podem ser alocadas as

menos frequentes. Quanto maior a amostra mais categorias podem ser propostas. Sims et al. (2012) propõem outra que inclui o nível de mobilidade dos participantes, dividindo-os em: ambulantes, idosos ambulantes, ambulantes deficientes, idosos ambulantes deficientes e usuários de cadeira de rodas. Essa classificação auxilia na coleta pois a cada classificação modificam-se as necessidades dos participantes.

Existe ainda outra classificação mais generalista de mobilidade proposta por Cook e Polgar (2015) que se divide em 5 classes: 1. Ambulante total, sem dificuldades em mobilidade; 2. Ambulante marginal, pode deslocar-se por curtas distâncias e pode precisar de TA em momentos; 3. Usuário de cadeira de rodas manual, pode deslocar-se com cadeira de rodas manual; 4. Usuário de cadeira de rodas marginal, pode em momentos utilizar a cadeira de rodas manual; e 5. Totalmente deficiente em mobilidade, aqueles que não podem movimentar-se sem auxílio de produtos motorizados ou com auxílio de outras pessoas. Além dessas apresentadas, pode-se fazer uso de instrumentos padronizados de classificação.

Dentre os instrumentos padronizados que se preocupam com deficiências motoras, funcionalidade e motricidade, os principais são a CIF (JETTE, 2006, OMS, 2013), sistema internacional de classificação, GMFM (*Gross Motor Function Measure* - Medida da Função Motora Grossa) (RUSSELL et al., 1989, MFM (*Motor Function Measure* - Medida de Função Motora) (BÉRARD et al., 2005; 2017), FIM (*Functional Independence Measure* - Métrica de Independência Funcional) (KIDD et al., 1995), e SPS (*Seated Posture Scale* - Escala de Postura Sentada (BARKS et al., 2019; 2015).

A CIF, Classificação Internacional de Funcionalidade, é um sistema de classificação individual de condições biopsicossociais (OMS, 2013). Ela considera que o ambiente e o contexto, além das capacidades físicas e mentais do indivíduo afetam sua funcionalidade (CASTANEDA; BERGMANN; BAHIA, 2014). A CIF pode ser utilizada para classificar qualquer pessoa independente de possuir ou não uma deficiência, além de considerar que alguns fatores são facilitadores da funcionalidade e outros são prejudicadores. A classificação é feita a partir de códigos (JETTE, 2006).

Os códigos da CIF são formados por letras, números e símbolos. As letras determinam a área de classificação. As áreas classificáveis da CIF são: funções corporais (b), estrutura corporal (s), atividade e participação (d) e fatores ambientais (e). Seguente às letras, adicionam-se capítulos (numerados) relacionados ao que será avaliado. À cada adição de números ou símbolos, há mais especificidade na informação apresentada. Um exemplo de código referente à função motora é

“s730.32”. A letra, s, é referente a estruturas corporais, no capítulo 730 de membros superiores. O membro superior é então qualificado pelos números que seguem o ponto, 3, deficiência grave, devido à, 2, ausência parcial. (OMS, 2013)

O GMFM é um instrumento de classificação da função motora (RUSSELL et al., 1989). Ele avalia cinco dimensões funcionais: (A) Deitar e Rolar; (B) Sentar; (C) Engatinhar e Ajoelhar; (D) Levantar; e (E) Caminhar, Correr e Pular. Para cada um desses itens há questões a serem testadas junto à pessoa avaliada e é dada uma pontuação de 1 a 5. Possui duas versões, uma mais antiga com 88 perguntas e uma mais recente com 66 perguntas, chamada de GMFM-66 (RUSSELL et al., 2002). Essa escala é bastante utilizada, mas não pode ser usada com qualquer tipo de deficiência, pois não considera deficiências motoras que são relacionadas à fraqueza muscular, função de membros superiores e função motora distal. Esses motivos fizeram com que fosse desenvolvida uma nova escala a MFM que contivesse essas características.

A MFM é uma escala para a avaliação de pessoas com deficiências neuromusculares, ela é dividida em uma versão de 32 itens para adultos, MFM-32, e uma de 20 itens para crianças, MFM-20. A escala fornece uma medida numérica para a capacidade motriz. A MFM avalia as seguintes dimensões funcionais: (D1) Em pé e transferências; (D2) Função motora axial e proximal; e (D3) Função motora distal. Os testes são realizados com a pessoa deitada, sentada e em pé classificando cada atividade com notas de 0 a 3, onde zero significa não realizar a tarefa e 3 realizar a tarefa completamente. As notas do MFM podem ser expressas em porcentagem e as dimensões podem ser consideradas separadamente (BÉRARD et al., 2005; 2017).

A FIM, é uma escala que pode ser utilizada para avaliar alterações funcionais do indivíduo ao longo do tempo. As avaliações são feitas a partir de 18 itens, 13 relativos a funções motoras, e 5 relativos a funções cognitivas. Os itens são separados em grandes áreas que são: Auto cuidado; Controle do esfíncter; Transferência e Mobilidade; Locomoção; Comunicação; e Cognição social. Para cada item é dada uma nota com uma variação entre 1 e 7, sendo 1 - assistência completa e 7 - independência completa. As notas da FIM variam entre 13 e 126 (KIDD et al., 1995).

De maneira positiva essas três classificações, GMFM, MFM e FIM permitem a comparação de uma nota única de funcionalidade do paciente, no entanto não permitem a identificação, à primeira vista, sobre quais características do avaliado afetaram a nota final, tal como pode ser verificado com a aplicação da CIF que gera códigos específicos para cada questão relacionada à funcionalidade.

O outro instrumento é o SPS. Nele é feita a avaliação postural da pessoa na cadeira de rodas. Ele classifica cada parte do corpo e sua adequação ou não à uma postura considerada ideal. O resultado é uma nota de 0 a 23 onde quanto maior a nota mais adequada está a postura. Ele foi criado para ser utilizado em contextos clínicos de maneira que os cuidadores possam avaliar a necessidade de alterar o posicionamento do paciente ou o seu assento adaptado (BARKS et al., 2019; 2015).

No Quadro 8 é apresentado um comparativo entre as vantagens e desvantagens de cada um dos principais instrumentos de classificação identificados.

QUADRO 8 - COMPARATIVO ENTRE OS INSTRUMENTOS DE CLASSIFICAÇÃO

Instrumento	Vantagens	Desvantagens	Resultado
<i>CIF</i>	Pode classificar qualquer pessoa, adultos e crianças, em termos de capacidades e dificuldades relacionadas a cada membro.	Gera muitos códigos, é necessário fazer uma pré-seleção dos códigos que serão utilizados.	Conjunto de códigos. Ex. s730.32.
<i>GMFM</i>	Fácil e compreensível. Avaliação sequencial. Gera uma pontuação única. Avalia adultos e crianças.	Não considera algumas deficiências motoras ou particularidades de membros superiores.	Pontuação entre 1 e 5.
<i>MFm</i>	Avaliação comparativa. As dimensões podem ser avaliadas separadamente. Avalia adultos e crianças.	Focado nas questões da deficiência neuromotora. As dimensões não são facilmente compreensíveis.	Porcentagem da nota máxima.
<i>FIM</i>	Avalia contexto e capacidade cognitiva. Gera uma pontuação única.	Não se preocupa com partes específicas do corpo. Avalia apenas adultos.	Pontuação entre 1 e 7.
<i>SPS</i>	Avalia cada parte separadamente. Gera uma pontuação única. Avalia adultos e crianças.	Não avalia movimentos só postura estática.	Pontuação entre 0 e 23.

FONTE: A autora (2022).

Para selecionar os instrumentos de classificação deve-se considerar quais características de funcionalidade e motricidade objetiva-se avaliar e qual a finalidade da pontuação obtida, classificação ou código gerado. Dentro do contexto dessa pesquisa o intuito de uso dessas classificações é identificar necessidades particulares das pessoas com deficiência para a participação na antropometria digital.

2.2.3 Design de produtos de TA utilizando digitalização 3D

Os produtos de TA são beneficiados pela utilização da digitalização 3D para que possam ser adaptados à morfologia do usuário (BARRIOS-MURIEL et al., 2020; BOGOVIĆ et al., 2019). Um exemplo de produto beneficiado é a cadeira de rodas que, além de ser um dispositivo de mobilidade, também serve para o posicionamento

quando adicionados a ela módulos de adaptação (COOK; POLGAR, 2015; BERETTA, 2011). Esses são utilizados para prevenção e correção de deformidades bem como para a estabilização da pessoa para que possa realizar suas atividades.

Para os recursos de TA é útil a coleta de medidas e morfologias que podem ser utilizadas para corte de espuma e desenvolvimento de assentos ajustados ao corpo (NACE; TIERNAN; NÍ ANNAIDH, 2019; PRESTES, 2011). Além disso, os assentos adaptados devem ser trocados a cada três ou cinco anos, o que envolve a necessidade de refazer os componentes adaptativos (COOPER; COOPER, 2003) e isso demanda um método mais eficiente no desenvolvimento e produção desses produtos. Com a digitalização para a obtenção da morfologia da PcD, a atividade pode ser realizada mais rápido do que com métodos tradicionais nos quais se utilizam tabelas, ou medidas obtidas com instrumentos manuais, transcrição dessas medidas para blocos de espuma, desbaste de material, acabamento e averiguação dimensional repetidamente até que se obtenham as morfologias corretas (MORAES et al., 2018).

O método manual é substituído pelo uso da morfologia digitalizada no design do produto e a fabricação pode ser realizada utilizando tecnologias de fabricação rápida como desbaste CNC e impressão 3D (BARRIOS-MURIEL et al., 2020; KIETZMANN; PITT; BERTHON, 2015). A digitalização pode ser feita direta ou indiretamente. Tradicionalmente isso é feito indiretamente com a coleta da geometria do participante em gesso ou por moldagem à vácuo, Figura 17, e digitalização dessa geometria (BARRIOS-MURIEL et al., 2020). O método direto consiste na digitalização da pessoa diretamente enquanto mantém a posição por um determinado tempo.

FIGURA 17 - EXEMPLO DE COLETA INDIRETA DA GEOMETRIA



FONTE: Hiemstra-Van Mastriht et al. (2019, p.783)

O método de coleta da geometria de forma indireta tem duas principais vantagens: a de captar detalhes e formas de usuários que não conseguem manter a

posição pelo tempo especificado; e a de poder fazer o uso de tecnologias de escaneamento mais precisas só que mais lentas. É mais demorado pois envolve um passo adicional que é a obtenção da geometria para posterior digitalização. Também, pode haver gasto de material como gesso, e não é captada toda a geometria contextual –como todo o corpo do indivíduo–, o que inviabiliza o uso da malha para outras situações além da área coletada (BARRIOS-MURIEL et al., 2020; NACE; TIERNAN; NÍ ANNAIDH, 2019; TEGER et al., 2019; REDAELLI et al., 2018).

Seja com coleta direta ou indireta da geometria, através da malha obtida é possível o desenvolvimento de produtos que se adequem ao corpo dos usuários de maneira mais rápida e mais precisa (GUSEVA et al., 2020; BRENDLER et al., 2018; HEYMSFIELD et al., 2018; HONG et al., 2018; MARKIEWICZ et al., 2017). Esse processo de desenvolvimento pode ser descrito pela identificação de uma necessidade, por exemplo, de um assento adaptado, captura da geometria a partir do escaneamento tridimensional (MORAES et al., 2018; GOYANES et al., 2016); geração de alternativas utilizando a malha como base (TEGER et al., 2019); desenvolvimento do produto utilizando a morfologia e antropometria coletadas (HEYMSFIELD et al., 2018; LUNSFORD et al., 2016) e a produção com tecnologias de fabricação rápida (BARRIOS-MURIEL et al., 2020; KIETZMANN; PITT; BERTHON, 2015).

Com o produto gerado, podem-se fazer testes e correções, que podem ser alterações manuais no produto desenvolvido e novo escaneamento para comparação e alteração do modelo original, simulações de uso e funcionalidade do produto (HONG et al., 2018; KAKLANIS; STAVROPOULOS; TZOVARAS, 2015; WALLER et al., 2015), e também o escaneamento para acompanhamento das alterações morfológicas ao longo do tempo (RAUTER; VODICAR; SIMENKO, 2017; STEWART et al., 2017).

As informações obtidas pela digitalização 3D podem ser utilizadas em vários momentos do processo de desenvolvimento e estão esquematizadas na Figura 18 e assim descritas: se inicia com a digitalização do usuário; em posse dessa geometria pode-se utilizá-la como base para a modelagem e a realização de experimentações formais; produto desenvolvido pode ser verificado frente a antropometria e a morfologia do modelo digitalizado; e o modelo digitalizado pode ser utilizado como um provador virtual; também nessa etapa é possível fazer alterações no produto; por fim pode-se arquivar os dados para que possam ser reutilizados.

FIGURA 18 - PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO COM DIGITALIZAÇÃO 3D



FONTE: A autora (2022).

Um exemplo de desse processo é apresentado por Shah e Luximon (2019), Figura 19, que desenvolveram uma órtese de tronco com coleta direta da geometria do tronco, e desenvolvimento na seguinte sequência: modelagem da órtese por cima da geometria; otimização do produto com elementos finitos; simulação da qualidade estrutural para definição da espessura do produto; realização de prova virtual por cima da malha escaneada; e por fim fabricação via impressão em 3D do produto.

FIGURA 19 - PRODUTO DESENVOLVIDO COM DIGITALIZAÇÃO 3D



FONTE: Adaptado de Shah e Luximon (2019, p. 594-596).

O uso de digitalização 3D no desenvolvimento de produtos não isenta o designer em realizar um projeto (TEGER et al., 2019; BECK; JACOBSON, 2017). Mas, se trata de uma ferramenta que auxilia no desenvolvimento de produtos altamente customizados de maneira mais rápida e fácil (HONG et al., 2018; JAVAID; HALEEM, 2018; CRYTZER et al., 2016; COSTA et al., 2015). Os princípios de design que devem ser considerados no projeto para que estejam efetivamente adaptados às necessidades dos usuários são tratados no item que segue.

2.3 PRINCÍPIOS DO DESIGN DE ARTEFATOS

A partir da definição de Löbach (2001), entende-se o design como o processo de criação e adaptação de produtos, sistemas, serviços e informações que atende às

necessidades físicas e psicológicas dos usuários. Utiliza-se a palavra artefato para englobar todos esses tipos de soluções. Este processo é pautado por uma metodologia projetual, que engloba diversas atividades que conduzem o processo criativo e avaliativo, que resulta no artefato final que soluciona o problema (MATTSON; SORENSEN, 2019). O artefato resultante pode ser tangível como um artefato físico ou interface visual, ou intangível, na forma de um serviço ou organização de informação e também fazer parte de um conjunto integrado que compõe um sistema. Para cada tipo de artefato específico há particularidades no projeto, mas, a atenção às necessidades dos usuários se mantém.

O desenvolvimento desses artefatos leva em consideração que serão utilizados por uma ou mais pessoas e, deste modo, deve considerar os fatores humanos, ou seja, as interações entre os seres humanos e o artefato, ambicionando o bem-estar, saúde e segurança dos usuários e a eficácia e eficiência na sua utilização (IIDA, 2005; PHEASANT, 2003). Para isso são considerados os seus fatores físicos e psicológicos. Os físicos estão diretamente atrelados com a capacidade de uso do produto e com a antropometria que, dentro deste contexto, refere-se à utilização de parâmetros dimensionais de usuários ou grupos de usuários para a adaptação do artefato e com a organização dos elementos componentes do artefato. A outra consideração está relacionada com os fatores psicológicos que afetam a utilização do produto. Esses fatores influenciam na experiência do usuário (ARAÚJO, 2014).

Uma classificação dos possíveis problemas ergonômicos causados pelos artefatos é a seguinte: 1. Problemas antropométricos: conflitos entre as capacidades físicas, dimensões e alcances, e espaço funcional do artefato; 2. Problemas fisiológicos: riscos acarretados pela inadequação funcional do artefato ou tarefa; 3. Problemas cognitivos: causados pelo excesso ou falta de informação de operação do artefato; e 4. Problemas psicomotores: causados por estímulos audiovisuais inadequados (KARWOWSKI, 2008). Jordan (2002) adiciona que problemas ergonômicos também acarretam em problemas financeiros.

Para que a experiência do usuário seja efetivamente considerada no momento do projeto ela é relacionada com Design Centrado no Usuário (DCU) e à usabilidade do artefato (ARAÚJO, 2014; JORDAN, 2002; NIELSEN, 1994). O DCU centraliza o processo de desenvolvimento do artefato nas necessidades e requisitos dos usuários e leva em consideração suas capacidades e habilidades (LOWDERMILK, 2013). Um ponto importante no desenvolvimento de artefatos centrados no usuário é a análise

do contexto de uso, ou seja, quem irá utilizar o artefato, para que, onde e quais as suas limitações e necessidades (ARAÚJO, 2014).

Segundo Lowdermilk (2013) o DCU é empírico e baseia-se em dados concretos; é iterativo, ou seja é um processo cíclico entre desenvolvimento e avaliação; é participativo e envolve o usuário final; preocupa-se em adaptar o artefato ao usuário e não vice-versa; considera a diversidade humana; preocupa-se com a tarefa a ser realizada; é orientado à sistemas e reconhece o contexto de uso como parte do artefato; e é pragmático, ou seja, busca o melhor resultado possível dentro das restrições impostas ao projeto como tempo, dinheiro e conhecimento.

Em adição, tem-se como consideração de que grandes parcelas da população têm dificuldades funcionais, o que gera a necessidade de abordagens para o design voltadas para a acessibilidade que é entendida como:

A medida em que produtos, sistemas, serviços, ambientes e instalações podem ser usados por uma população com a mais ampla gama de características e capacidades (por exemplo, físicas, cognitivas, financeiras, sociais e culturais, etc.), para atingir um determinado objetivo em um contexto especificado. (PERSSON et al., 2015, p. 21, tradução da autora).

As principais abordagens nessa área são o Design Universal (STORY; MUELLER; MACE, 1998) que é um conjunto de princípios para o desenvolvimento de artefatos. Estes são uso equitativo, uso flexível, uso simples e intuitivo, informação perceptível, tolerância ao erro, baixo esforço físico, espaço e tamanho para acesso e uso. E o Design Inclusivo (WALLER et al., 2015) que considera o desenvolvimento de artefatos para o maior número de pessoas de maneira razoável, ou seja, alguns casos são beneficiados com o uso de artefatos individualizados.

Observando esses fatores, parte-se para o processo de desenvolvimento do artefato. Este envolve diversas etapas como a análise do problema, definição de requisitos, geração de soluções, avaliação das soluções e desenvolvimento da solução final. Esse processo, ou metodologia projetual como também é chamado, é descrito por diversos autores (MATTSON; SORENSEN, 2019; ROZENFELD et al., 2006; LÖBACH, 2001; BAXTER, 1998; JORDAN, 2002) com pequenas alterações. Dentre as metodologias projetuais, algumas são lineares e algumas são iterativas, como é o caso do DCU, ou seja, com etapas que se repetem até que a solução satisfaça os requisitos dos usuários (ISO 13407, 1999).

Neste processo de desenvolvimento de artefatos alguns princípios de design, chamados de heurísticas, são observados na criação, e avaliação do uso dos artefatos (LOWDERMILK, 2013; HELANDER, 2005, JORDAN, 2002; NIELSEN, 1994), como:

- Visibilidade, feedback visual e proeminência visual, o status em que se encontra o processo deve ser indicado por meio de pistas visuais;
- Hierarquia, o processo deve ser organizado hierarquicamente bem como elementos mais importantes devem estar destacados visualmente;
- Modelos mentais e metáforas, conhecimentos do mundo real podem ser transpostos para os artefatos de maneira a facilitar a compreensão;
- Revelação progressiva, recursos de menor importância ou que não estão em uso devem ficar “invisíveis” até o momento de sua utilização;
- Consistência, que deve ser mantida ao longo do processo, sem a adição de surpresas ou fluxos diferentes para cada parte do processo;
- Padronização de elementos por localização, cor, tamanho, formato, etc.;
- Acessibilidade, que permite que diversos grupos possam usar o sistema;
- Prevenção de erros, restrições adicionadas impedem que os usuários realizem as tarefas de maneira, ou na ordem errada;
- Confirmações, indicações da realização e completude da tarefa que auxiliam na identificação de que o processo está sendo realizado.

A etapa de estabelecimento de requisitos merece especial atenção pois é a partir dos requisitos que o processo de desenvolvimento garante que o artefato efetivamente abarca as necessidades dos usuários. Os requisitos podem ser divididos em requisitos do usuário e requisitos do artefato (ARAÚJO, 2014; MEDEIROS, 2012). Para a obtenção dos requisitos dos usuários, deve-se identificar quem serão, qual a finalidade de uso do artefato para cada grupo de usuários e quais são suas necessidades, habilidades e características que devem ser levadas em consideração. Os requisitos do artefato são parâmetros que indicam a habilidade do artefato em realizar as tarefas projetadas (ROZENFELD et al., 2006).

O outro estágio de especial importância para o processo é a avaliação. Este ocorre durante todo o desenvolvimento, de maneira a apreciar a atenção aos requisitos definidos, a funcionalidade e usabilidade do artefato. Em relação à usabilidade os quatro pontos a serem avaliados são a utilidade do artefato; eficácia, capacidade de completar a tarefa e qualidade do resultado; eficiência, capacidade de

realizar a tarefa no menor tempo, com o menor gasto de recursos e número de erros; segurança; e satisfação do artefato. Além desses, pode-se adicionar a facilidade de aprendizagem, facilidade de memorização e acessibilidade. (ARAÚJO, 2014; RUBIN; CHISNELL, 2008; JORDAN, 2002; NIELSEN, 1994)

Uma listagem das principais ferramentas de avaliação inclui questionários, entrevistas, análise da tarefa, avaliação por heurísticas, construção de *storyboard*, prototipagem, teste de usabilidade, teste AB, pensamento em voz alta (passo a passo cognitivo), *shadowing*, teste de laboratório com experimentos controlados, grupo focal, registro de uso, avaliações do estado emocional do usuários e a aplicação de cenários (MATTSON; SORENSEN, 2019; ARAÚJO, 2014; LOWDERMILK, 2013; RUBIN; CHISNELL, 2008; HELANDER, 2005; JORDAN, 2002; NIELSEN, 1994).

Seja qual for o teste utilizado, a realização dos testes segue uma ordenação comum (RUBIN; CHISNELL, 2008) que envolve desenvolvimento do roteiro de testes, organização do ambiente do teste, convite de participantes, preparação dos materiais, condução dos testes, questionamento dos participantes e observações acerca do teste, análise dos dados e geração de recomendações a partir dos testes.

O número de participantes para os testes calculado por Nielsen (1994) indica que 15 participantes é o número ideal que consegue identificar quase 100% dos problemas de usabilidade em sistemas digitais e interfaces. Com esse mesmo cálculo, Albert e Tullis (2013) recomendam que o número mínimo de participantes pode ser até cinco pois encontra 80% dos problemas o que consideram suficiente para a viabilidade dos produtos. Isso ao considerar que o grupo de usuários é homogêneo e/ou experiente no assunto, a quantidade de tarefas a serem realizadas é pequena e clara e que haverá um design iterativo. Ainda, caso os grupos não forem homogêneos, que sejam realizadas múltiplas tarefas ou para produtos mais complexos, Albert e Tullis (2013) comentam que a avaliação iterativa é preferível partindo de uma solução viável, mesmo que tenha problemas e a realização de melhorias ao longo do tempo.

Finalmente, para populações com necessidades especiais, algumas outras recomendações são incluídas como o foco na acessibilidade do artefato e do teste que permita a participação do usuário, avaliação do local de testes e método de comunicação com os participantes além de agendamento de mais tempo para a realização (RUBIN; CHISNELL, 2008). Além disso, muitos participantes podem ter incapacidade de realizar as atividades requeridas e por isso exigir adaptações especialmente desenvolvidas (PHEASANT, 2003). Essas adições têm efeito na

usabilidade e experiência dos usuários e por isso devem ser consideradas na avaliação dos artefatos (JORDAN, 2002; NIELSEN, 1994). É importante destacar que apesar da dificuldade é essencial a participação do usuário representativo que utilizará o artefato de modo a verificar sua real funcionalidade e usabilidade (RUBIN; CHISNELL, 2008, DUMAS; LORING, 2008; NIELSEN, 1994).

Esses princípios são pertinentes a tese de três maneiras: em primeiro lugar o método selecionado consiste em uma aplicação da metodologia projetual no processo de solução de um problema de pesquisa; além disso, este problema é resolvido a partir da aplicação da metodologia projetual no efetivo desenvolvimento de artefatos; e, por fim, internamente ao artefato desenvolvido para a solução do problema há a proposição da organização do processo de desenvolvimento de produtos adaptados que também segue os princípios aqui delineados.

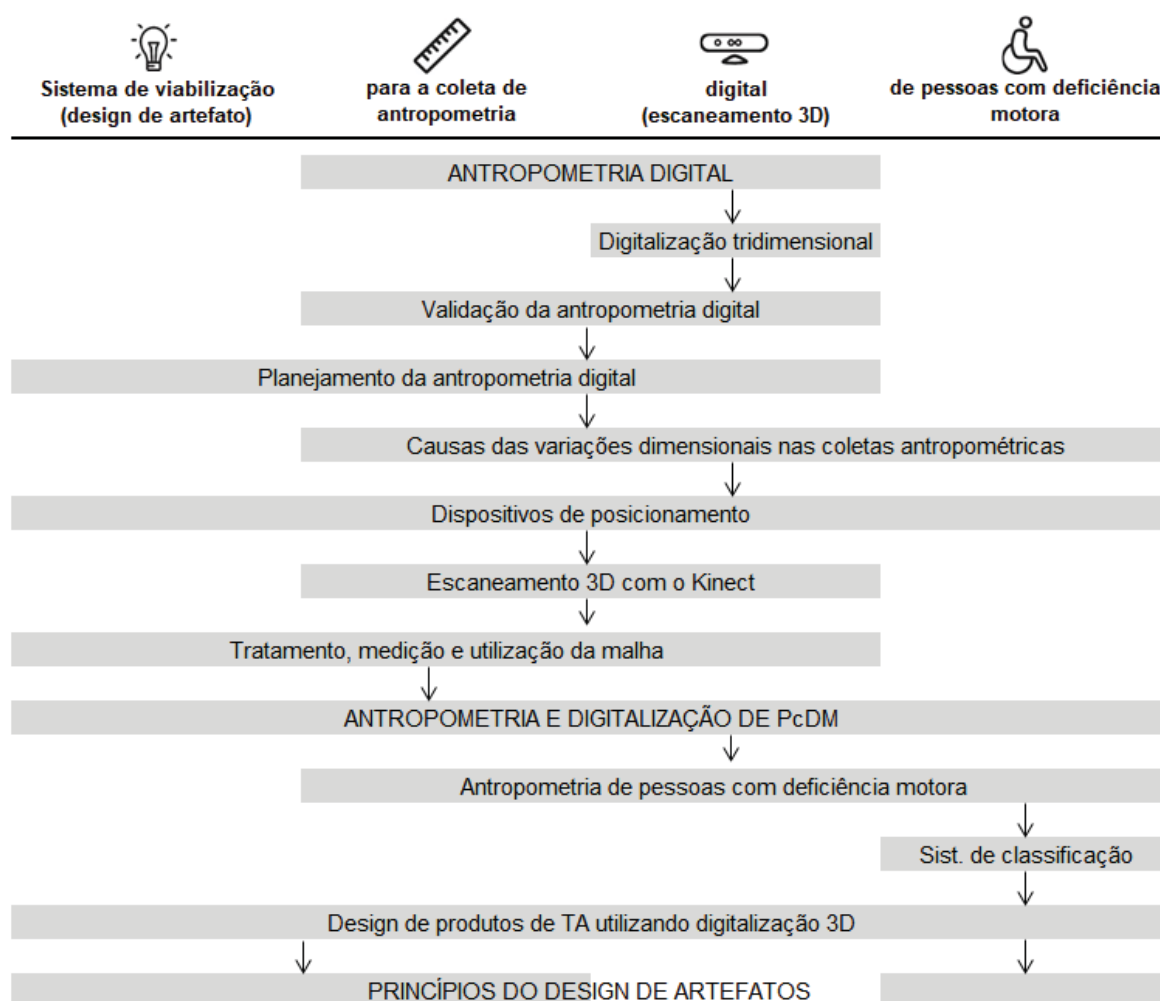
2.4 SÍNTESE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo foram apresentados os elementos necessários para o desenvolvimento de um sistema que possa viabilizar a coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora voltada para o desenvolvimento de produtos adaptados. Por sistema entende-se um conjunto de elementos, concretos ou abstratos, intelectualmente organizados (OXFORD, 2022).

Na Figura 20 apresenta-se a cadeia temática da abordagem teórica utilizada no Capítulo 2 para explicitar os elementos componentes da fundamentação. Iniciou-se com os fundamentos da antropometria digital, e apresentaram-se os seus benefícios e características que são notadamente a geração de informações mais amplas e com maior rapidez quando comparada com a antropometria tradicional. Sendo assim foram delineados os procedimentos da digitalização, estudos de validação das tecnologias e demais componentes que englobam a antropometria digital como um método de coleta de antropometria viável e confiável.

Os subcapítulos seguiram a ordem de realização da antropometria digital, com estudos de validação, planejamento da antropometria digital, identificação das causas das variações dimensionais na antropometria, artefatos de posicionamento e suporte para serem utilizados durante o escaneamento para padronização e sustentação das posturas, a etapa de escaneamento, em que se concentra no Kinect, que é o escâner usado na tese e por fim o tratamento, medição e aplicação dos dados obtidos.

FIGURA 20 - CADEIA TEMÁTICA DA ABORDAGEM TEÓRICA



FONTE: A autora (2022).

Em sequência, foram explicitadas as características e dificuldades da antropometria digital quando associada ao público de pessoas com deficiência motora, que são principalmente a adoção e manutenção da posição pelo tempo determinado e a falta de normas e procedimentos que a viabilizem. Ainda, foram apresentadas as necessidades do público frente a antropometria e quais são os usos e como são feitas as aplicações das geometrias coletadas via antropometria digital para o desenvolvimento de produtos de tecnologia assistiva. Na finalização da fundamentação foram explicitados os princípios do design de artefatos que pautam tanto o desenvolvimento dos produtos de TA comentados no item anterior quanto o desenvolvimento do artefato de solução ao problema da tese.

A sintetização desse conteúdo é feita no Quadro 9 a partir da comparação das compatibilidades e incompatibilidades entre a antropometria tradicional, a digital com pessoas sem deficiência e as características e necessidades das pessoas com

deficiência motora. A potencialização dessas compatibilidades e viabilização das incompatibilidades é o que se objetiva com a solução do problema de pesquisa.

QUADRO 9 - COMPATIBILIDADES E INCOMPATIBILIDADES ENTRE A COLETA DE ANTROPOMETRIA E O PÚBLICO DE PcDM

Temas	Antropometria tradicional	Antropometria digital	Caraterísticas e Necessidades das PcDM
<i>Amostra</i>	Amostras grandes de similares	Amostras grandes de similares	Dificuldade de encontrar similares
<i>Finalidade da coleta</i>	Generalização, percentis	Generalização e individualização, morfologia	Individualização e customização
<i>Método de coleta</i>	Manual, direta	Escaneamento, indireta	Coleta indireta é preferível, necessidade de privacidade
<i>Procedimento de coleta</i>	Poses apenas no momento da medida	Manutenção de pose estática	Dificuldade de manter-se na pose estática
<i>Poses</i>	Normatizadas (primariamente em pé e sentada)	Normatizadas (primariamente em pé e sentada)	Incompatível com as normas (preferencialmente ou obrigatoriamente sentada)
<i>Normas associadas</i>	ISO 7250:2017; ISO 8559-1:2017, etc.	ISO 20685-1:2018; ISO 20685-2:2015	Não encontrada
<i>Local de coleta</i>	Pode ir até o usuário	Depende do escâner	A acessibilidade do local é excludente de participação
<i>Preparação do participante</i>	Precisa de roupas apropriadas	Precisa de roupas apropriadas	Precisa de tempo e espaço para a troca de roupas
<i>Tempo de coleta</i>	Alto	Baixo	Rapidez é preferível, a fadiga pode ser parte da deficiência
<i>Quantidade de medidas</i>	Limitada, depende da coleta na hora	Ilimitada, pode retornar e medir novamente	É preciso verificar as medidas em contexto e coletar a morfologia
<i>Procedimentos de coleta das medidas</i>	Coleta a partir de um lado do corpo, considera simetria	Coleta a partir de um lado do corpo, considera simetria	Possui assimetrias importantes
<i>Tipos de dados obtidos</i>	Desassociados, tabelas de medida	Associados, base de dados	Precisa de medidas contextuais
<i>Precisão</i>	Alta	Média e alta	Diferentes usos aceitam diferentes precisões
<i>Desenvolvimento de produto</i>	Aplicação direta das dimensões dos percentis	Aplicação direta da morfologia, modelagem paramétrica	Necessidade de produtos adaptados rápida e constantemente

FONTE: A autora (2022).

A Fundamentação Teórica é parte da primeira fase do método que compõe a identificação e caracterização do problema. Esta, juntamente com os demais resultados da Fase de Exploração que são apresentados no Capítulo 4, norteiam os requisitos para o desenvolvimento do sistema de viabilização da coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora.

3 METODOLOGIA

A abordagem metodológica desta tese é estruturada com base no *Design Science Research* (DSR) (SANTOS, 2018a; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015). A escolha se deu pois para a resposta da pergunta de pesquisa identificada de “como pode ser feita a coleta de antropometria digital do corpo inteiro de pessoas com deficiência motora com o objetivo de desenvolvimento produtos adaptados para suas morfologias corporais”, há a necessidade de utilização de um método propositivo para a solução de um problema concreto. Assim, divide-se o trabalho em três fases: Exploração, Proposição e Avaliação, compostas por duas etapas cada, Figura 21.

FIGURA 21 - VISÃO GERAL DO MÉTODO



FONTE: A autora (2022).

A primeira fase, de Exploração, propõe a identificação do problema específico ao contexto desta pesquisa e da classe de problemas da qual faz parte. A classe de problemas é o conjunto de problemas similares e/ou mais amplos encontrados em outros contextos para os quais os resultados do trabalho são relevantes. Nesta fase também é verificada a possibilidade de solução do problema identificado a partir do desenvolvimento de um artefato. (SANTOS, 2018a)

No método DSR a proposição de solução é chamada de artefato que pode envolver diferentes modalidades como a criação de um novo constructo, modelo, ferramenta, método e/ou produto, serviço ou sistema. Para cada modalidade na ordem apresentada há mais conhecimento embutido e a solução é mais tangível (SANTOS, 2018a). A solução é específica e satisfatória ao contexto do problema identificado, e pode não ser aplicável ou ideal para outros contextos. Os aprendizados relativos ao seu desenvolvimento devem ser generalizados para a classe de problemas na qual o

problema solucionado se insere para que contribuam para o avanço do conhecimento na área (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015).

Na fase de Proposição, são definidos os requisitos para o desenvolvimento do artefato, estágio de importância para o processo de desenvolvimento de produto (ROZENFELD et al., 2006), e é realizada a proposta de solução. Segundo Simon (1996, apud SANTOS, 2018a) a solução gerada deve ser “suficientemente boa para a solução do problema” indicando que pode ser inviável ou inacessível a realização de uma alternativa ótima. Ainda, a alternativa deve ser satisfatória no contexto de explicitar a possibilidade de solução para o problema proposto.

Para tanto, na última fase, de Avaliação, a solução é testada e aprimorada de maneira iterativa para que atinja essa condição de satisfação. Cabe ressaltar que a intenção final do método DSR não é apenas a solução do problema específico identificado, e sim a generalização desses conhecimentos a partir da solução e do processo de solução para a classe de problemas, de modo a contribuir cientificamente para o avanço dos estudos na área, o que é feito na última etapa do método.

Neste sentido Venable (2006), March e Smith (1995) e Vaishnavi e Kuechler (2009) argumentam que o conhecimento deve ser generalizável para uma “classe de problemas”. Portanto, o pesquisador adotando este método deve realizar a reflexão sobre a relação do problema tratado em seu estudo de campo com problemas similares encontrados em outros contextos ou problemas de caráter mais amplo para os quais os resultados do estudo seriam relevantes. (SANTOS, 2018a, p. 82)

Ou seja, a geração de conhecimento útil e aplicável na solução dos demais problemas contidos na classe de problemas. Ao final desta fase e etapa de generalização também é finalizado o método.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa adota uma perspectiva epistemológica fenomenológica, pois busca compreender o contexto, as relações entre os sistemas e as necessidades das pessoas relacionadas ao problema para assim solucioná-lo a partir do design de um artefato (SANTOS, 2018a). O artefato está relacionado com sistemas, serviços, métodos ou qualquer outra maneira de concretização que faça sentido para o problema (LACERDA et al., 2013). Ainda, ele é testado para que haja a confirmação da solução do problema e, neste momento, adota-se uma perspectiva positivista pela necessidade de obter informações de qualidade objetiva do artefato desenvolvido.

É de natureza aplicada onde relacionam-se teorias para a geração de resultados prescritivos e palpáveis ao final do trabalho. Neste sentido, aborda-se o problema de modo qualitativo e quantitativo de acordo com o momento em que se encontra a pesquisa (MARCONI; LAKATOS, 2004). Essa é uma característica possível quando se utiliza o DSR (SANTOS, 2018a).

A pesquisa segue uma lógica principalmente abdutiva, pois o resultado é a proposição de um sistema possível antes inexistente que cria valor para a sociedade (DORST, 2011). Entretanto, também é dedutivo no momento em que analisa e converge informações para a geração e avaliação da solução e indutivo no processo de generalização desses conhecimentos para a classe de problemas.

Para sua realização são utilizados procedimentos bibliográficos para apuração do problema, exploratórios para obtenção análise de dados, para definição de requisitos e desenvolvimento do artefato, experimentais e observacionais para a avaliação do artefato criado e analíticas para a generalização.

A seguir o resumo da caracterização da pesquisa, Quadro 10.

QUADRO 10 - CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

<i>Perspectiva epistemológica</i>	Fenomenológica e positivista
<i>Abordagem</i>	Qualitativa e quantitativa
<i>Lógica</i>	Abdutiva, dedutiva e indutiva
<i>Natureza</i>	Aplicada
<i>Procedimentos de pesquisa</i>	Bibliográfico, exploratório, experimental, observacional e analítico.

FONTE: A autora (2022).

Este trabalho está de acordo com os critérios de enquadramento da pesquisa no método do DSR proposto por Hevner et al. (2004) que são o uso do design para a criação de artefatos, relevância do problema, possibilidade de avaliação do design, geração de contribuições científicas, rigor metodológico, utilização do design como processo de pesquisa e comunicação da pesquisa para contribuição social.

3.2 FASES DA PESQUISA

De maneira geral as fases desta pesquisa são passos a serem seguidos para responder à pergunta de pesquisa e cumprir com o seu objetivo. No Quadro 11 resumem-se as estratégias de pesquisa utilizadas para a realização de cada fase.

QUADRO 11 - ESTRATÉGIAS DE PESQUISA

<i>Fase</i>	<i>Etapa</i>	<i>Estratégias de pesquisa</i>
 Exploração	Identificação do problema	1. Pesquisa bibliográfica: revisões bibliográficas sistemática e narrativa para identificação do problema e compreensão do objeto de pesquisa.
	Experimentação	2. Escaneamento através de materiais transparentes: experimento controlado para averiguação da possibilidade de digitalizar pessoas através de materiais transparentes. 3. Escaneamento com dispositivo de posicionamento: piloto com cadeira comercializada para avaliar a possibilidade do desenvolvimento de dispositivo de posicionamento transparente.
 Proposição	Definição dos requisitos	4. Elaboração de requisitos: análise dos resultados da fase de exploração para a identificação dos requisitos para o desenvolvimento da solução.
	Proposta de solução	5. Desenvolvimento do protocolo: desenvolvimento dos componentes intangíveis da proposta da solução, consiste no mapeamento do processo de realização da antropometria digital para o público com notações de fluxograma e desenvolvimento de ferramentas para a padronização das atividades. 6. Desenvolvimento do dispositivo: desenvolvimento dos componentes tangíveis da proposta da solução, consiste no design de produto do dispositivo de posicionamento.
 Avaliação	Avaliação e aprimoramento da solução	7. Avaliação funcional e estrutural do dispositivo via mockup: construção e avaliação de <i>mockup</i> físico do dispositivo para redimensionamento e avaliação funcional.
		8. Avaliação estrutural do dispositivo via simulação virtual: simulação estrutural do dispositivo para refinamento dimensional.
		9. Avaliação funcional do dispositivo via animação 3D: desenvolvimento de animação 3D para avaliação das funcionalidades do dispositivo.
		10. Fabricação e avaliação do protótipo do dispositivo: construção e teste do protótipo físico do dispositivo.
	Prototipagem do sistema	11. Avaliação e aprimoramento do sistema: avaliação e aprimoramento do sistema por especialistas com a ferramenta de passo a passo cognitivo e design iterativo.
	Generalização da solução	12. Prototipagem: aplicação do sistema junto ao público destinado.
		13. Generalização: análise dos resultados e generalização dos conhecimentos para a classe de problemas.

FONTE: A autora (2022).

Essas estratégias são detalhadas na sequência.

3.2.1 Fase de exploração

A primeira etapa da fase consistiu em identificar e fundamentar o contexto, a classe de problemas e o problema de pesquisa específico a este trabalho. Em seguida realizou-se a etapa de experimentação onde foram feitas pesquisas exploratórias e experimentais para exploração e compreensão do objeto de pesquisa.

3.2.1.1 Identificação do problema

Para a etapa de identificação do problema e demais questões referentes à fundamentação teórica do trabalho foram utilizadas duas estratégias de pesquisa: Revisão Bibliográfica Narrativa (RBN) e Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS). Os resultados dessas revisões foram utilizados como base para a fundamentação teórica, determinação dos experimentos da fase de exploração, identificação dos requisitos para o desenvolvimento da solução ao problema e como base teórica do sistema.

A RBN, consiste na busca ampla não sistematizada de trabalhos a partir de indagações referentes a um ou mais temas da pesquisa (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011). Foi realizada para a compreensão da individualidade dos três temas pertinentes a esta tese, antropometria digital, escaneamento tridimensional e deficiência motora. Esta estratégia também foi utilizada para buscar relações recorrentes entre os temas, encontrar normas e outros resultados tangentes que podiam auxiliar a compreender o contexto do problema.

A RBS, consiste na busca sistematizada por trabalhos utilizando parâmetros pré-especificados (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011). Foi utilizada para identificar trabalhos existentes que relacionam todos os temas da pesquisa. A sistematização da busca e seleção pretende encontrar o maior número possível de trabalhos dentro dos parâmetros determinados. A partir desta revisão foi possível identificar a originalidade do trabalho, soluções similares e ênfases e lacunas que foram trabalhadas.

A RBS foi conduzida com as seguintes atividades: 1. Definição das palavras chave; 2. Montagem de *strings* de busca; 3. Definição das bases de dados a serem pesquisadas; 4. Definição de fatores de inclusão e de exclusão; 5. Busca nas bases de dados; 6. Filtragem dos artigos por data e tipo de trabalho; 7. Leitura dos títulos e resumos; 8. Eliminação dos trabalhos não adequados aos fatores de inclusão; 9. Busca dos trabalhos completos; 10. Leitura dos trabalhos completos; 11. Eliminação dos trabalhos não adequados para a RBS; 12. Tabulação comparativa dos trabalhos.

As palavras chave foram aquelas que definem as três temáticas da pesquisa: antropometria digital, escaneamento tridimensional, e pessoas com deficiência motora ou com dificuldades para a digitalização. A partir dessas e dos seus sinônimos foram montadas as *strings* que consistem na junção desses termos, Quadro 12, com operadores booleanos e a adição de símbolos que dão maior especificidade à pesquisa. Para isso foram usadas as recomendações da Clarivate Analytics (2020).

QUADRO 12 - TERMOS ADICIONADOS NAS STRINGS DE BUSCA DA RBS

Palavras-chave	Antropometria digital	Escaneamento tridimensional	Deficiência e dificuldades
<i>Termos em português</i>	antropometria; atropo*; medid*; "antropometria 3D"; digital	escâner; 3D; kinect; "digitalização 3D"	deficiência; motora; "cadeira de rodas"; dificuldade
<i>Termos em inglês</i>	anthropometry; anthropo*; measur*; "3D anthropo*"; digit*	scan*; "3D digitizing"; kinect	disability; disab*; defic*; wheelchair; seat*; difíc*
<i>Variação mais utilizada</i>	"anthropom*" AND "digit"	"3D" AND "scan*"	"disab*" AND "seat*"

FONTE: A autora (2022).

As bases de dados foram definidas a partir de uma pesquisa realizada por BROGIN; OKIMOTO; HEEMANN (2015) na qual relataram quais as bases de dados que mais encontraram trabalhos nos temas de “escaneamento tridimensional” e “pessoas com deficiência”. As bases selecionadas foram Scopus e Web of Science.

Definiram-se como critérios de inclusão artigos que tratavam claramente do tema de antropometria digital contendo seleção da amostra, *software*, *hardware* e equipamentos; que a amostra fosse de populações e situações com dificuldade de escaneamento e que o foco do escaneamento fosse o corpo inteiro ou o tronco. Como fatores de exclusão foram eliminadas outras revisões, análises de malhas escaneadas já disponíveis e escaneamento de órgãos. A aceitação de amostras mais diversas do que a pretendida neste trabalho se deu pela pequena quantidade de trabalhos que tratam da antropometria digital de corpo inteiro de pessoas com deficiência motora.

Em seguida foi feita a pesquisa nas bases de dados e a filtragem dos trabalhos em tipo de artigo, apenas periódicos científicos e de conferências publicados entre janeiro de 2007 e dezembro de 2021. Esses trabalhos selecionados foram importados para o Mendeley (2022) onde foram feitas as demais filtrações. Em primeiro lugar foram eliminados os duplicados e feita a filtragem com a leitura dos títulos e resumos, eliminando aqueles que não se encaixaram nos fatores de exclusão, e depois nos fatores de inclusão. Posteriormente foi feita a leitura dos artigos completos selecionando os trabalhos que foram analisados e tabulados no resultado.

3.2.1.2 Experimentação

Com base na fundamentação teórica, identificou-se a necessidade de construção de um artefato de posicionamento, na posição sentada, que sustentasse

os participantes no momento da digitalização. No entanto, ainda com base na fundamentação teórica identificou-se que um dos principais problemas advindos da digitalização das pessoas sentadas era a interferência visual desses equipamentos de posicionamento que causavam oclusões e falhas e na malha. Sendo assim, conjecturou-se a possibilidade de utilizar materiais transparentes para solucionar essa questão. Essa averiguação foi feita a partir de experimentos controlados.

Os experimentos controlados, ou seja, feitos em laboratório, são testes realizados em ambiente controlado em que se objetiva retirar todos os fatores externos de influência e controlar as condições para testar um dado puro relativo ao artefato. Isso permite uma comparação direta entre elementos, o que é interessante para a escolha entre artefatos similares (JORDAN, 2002).

Esses experimentos serviram para identificar as premissas práticas necessárias para os requisitos para o desenvolvimento do artefato. Foram realizados dois experimentos: 1. Escaneamento através de materiais transparentes; e 2. Escaneamento com dispositivo de posicionamento.

- **Escaneamento através de materiais transparentes**

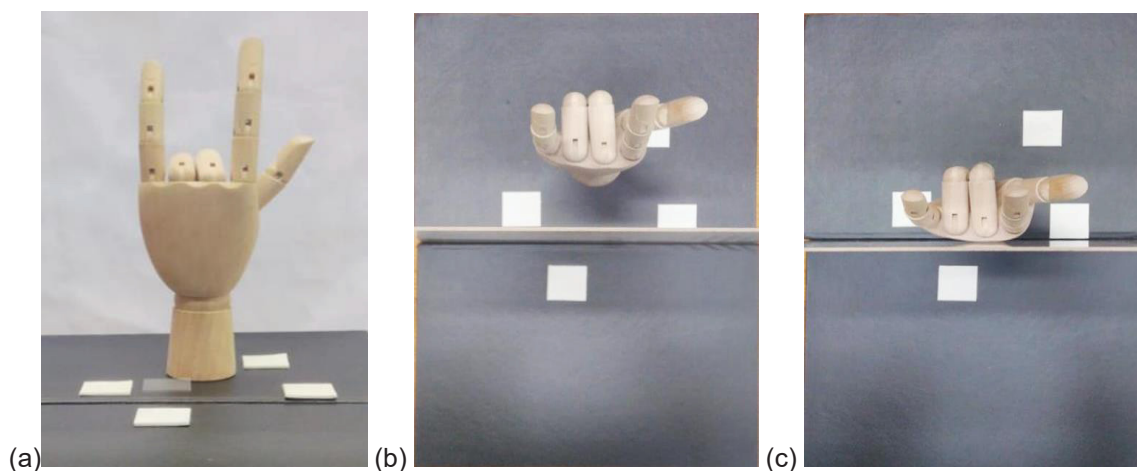
O primeiro experimento foi realizado para identificar a possibilidade do escaneamento de objetos ou partes do corpo através de materiais transparentes. Consistiu no escaneamento de um objeto completamente através ou parcialmente através de placas de vidro de 6 mm, vidro de 3 mm e acrílico de 2 mm de espessura.

Este experimento foi realizado com a criação de um ambiente experimental, Figura 22. O ambiente experimental consistiu em duas bases pretas que serviram de suporte para o objeto e para a fixação dos materiais transparentes e quatro marcadores posicionados na frente e atrás da superfície transparente de modo que pudesse haver comparação da influência da superfície transparente para a qualidade do escaneamento e de um objeto em forma de mão.

Foram realizadas digitalizações em 4 situações para cada um dos 3 materiais transparentes, o que totaliza em 12 escaneamentos. As situações foram: objeto encostado, Figura 22-b, ou afastado (50 mm) do material transparente, Figura 22-c, escaneado completamente ou parcialmente através do material transparente (uma parte através do material e outra sem influência do material, ou volta completa do escâner). Essas quatro situações foram escolhidas de maneira a assemelharem-se aos casos reais de aquisição de forma tridimensional para coleta de medidas

antropométricas. Visto que parte do corpo estaria encostada à superfície e parte estaria distante, além de que, em momentos seria escaneada apenas através do material e às vezes seria possível a volta completa.

FIGURA 22 - AMBIENTE EXPERIMENTAL



LEGENDA: a) vista frontal do ambiente experimental; b) posição do objeto a ser escaneado distante da superfície transparente; c) posição do objeto com o objeto encostado na superfície transparente.

FONTE: A autora (2022).

Os resultados das doze digitalizações foram avaliados para tipo e quantidade de erros. Eles também foram comparados com as medidas reais do objeto e as medidas do objeto escaneado sem interferência dos materiais transparentes. O comparativo das dimensões foi avaliado com uma análise de variância (ANOVA) para verificar se havia diferença significativa entre os resultados comparando-os com um p de 0,05. Esses comparativos permitiram a identificação de problemas que podem acarretar do escaneamento mediado pelos suportes transparentes e a identificação das diferenças entre tipo e espessura do material para o resultado obtido.

Para este experimento foi utilizado um Kinect 360 e drive SDK 1.2 da Microsoft, software de captura Skanect (OCCIPITAL, 2019) com caixa delimitadora de volume cúbico de 500 mm de lado e modo de escaneamento de profundidade e cor. O software de análise utilizado foi o Geomagic (3DSYSTEMS, 2020).

- **Escaneamento com dispositivo de posicionamento**

No segundo experimento, conjecturou-se sobre a possibilidade da criação de um dispositivo transparente para o posicionamento do corpo inteiro das pessoas com deficiência motora. Sendo assim realizou-se um piloto com uma cadeira de acrílico,

Figura 23, de maneira a avaliar essa possibilidade. A cadeira em questão que foi utilizada é a Ghost, do designer Phillipe Stark. Esta foi escolhida por possuir grandes áreas em acrílico e pela sua disponibilidade à pesquisadora.

A configuração do ambiente de escaneamento se deu da seguinte maneira: a cadeira foi elevada em uma plataforma de madeira de 200 mm e os participantes se colocaram sentados, com os membros superiores ao lado do corpo apoiados nos apoios dos braços e com os membros inferiores levemente afastados. Foi necessário elevar a cadeira para possibilitar a digitalização da parte inferior das coxas visto que a altura do assento é de 485 mm, menor do que o recomendado para escaneamento com o Kinect que tem como mínimo 500 mm de distância entre o escâner e a pessoa.

FIGURA 23 - CADEIRA UTILIZADA NO EXPERIMENTO



FONTE: <https://kartellsp.com.br/product/lou-lou-ghost-special-edition/>.

As digitalizações foram realizadas com dois softwares de processamento diferentes para verificar se o software também influenciava a qualidade da malha obtida através do material transparente. Cada participante foi digitalizado apenas uma vez por software. Os erros gerados nas malhas obtidas foram analisados qualitativamente e usados como base para discussão dos elementos práticos que devem ser considerados no desenvolvimento de um dispositivo de posicionamento.

Os participantes são os próprios realizadores do experimento, revezando-se para as atividades de escaneamento e de ser escaneado. Foi utilizado o equipamento Kinect 360 e drive SDK 1.2 da Microsoft e softwares de captura Skanect (OCCIPITAL, 2019) e o software Recfusion (2019), com caixa delimitadora de volume cúbico de 1500 mm de lado e modo de escaneamento de profundidade e cor. A análise foi realizada no software Meshmixer (AUTODESK, 2020b).

3.2.2 Fase de proposição

Esta fase consiste na proposta de solução para o problema de pesquisa. Com base nas informações coletadas na fase anterior, é definido que o artefato será um sistema composto por um protocolo que organiza o planejamento da antropometria digital para o público e um dispositivo de posicionamento para a realização da digitalização. Para tanto são determinados os requisitos e o sistema é desenvolvido.

3.2.2.1 Definição de requisitos

A abordagem para a determinação dos requisitos se deu com a alocação das informações, lacunas e fundamentos identificados na fase de exploração, fundamentação teórica e experimentos, em requisitos técnicos, divididos em funcionais, estéticos e ergonômicos e em requisitos dos usuários com a divisão em elementos biológicos, psíquicos e sociais. O ordenamento dos requisitos foi baseado em Medeiros (2012) que os divide desta maneira.

Os requisitos foram identificados separadamente para o protocolo e para o dispositivo ortoposicionador visto que abordam diferentes circunstâncias e resolvem questões diferentes, porém complementares. Os dois conjuntos de requisitos agregam informações referentes às necessidades de múltiplos grupos de usuários, tanto das pessoas com deficiência motora quanto dos designers, profissionais e especialistas realizadores da antropometria digital além das pessoas da área da saúde que se preocupam com o desenvolvimento de TA, contendo ainda as necessidades do artefato, e necessidades particulares da digitalização tridimensional.

A apresentação dos requisitos é feita em quadros os quais são dispostos junto com a lista de referências que guiaram a sua identificação. Cada quadro contém uma numeração, quadro 1, requisitos técnicos e 2, requisitos dos usuários, para o protocolo e quadro 3, técnicos e 4, dos usuários para o dispositivo. Esses quadros são divididos em temas também numerados, 1 para funcionais, 2 para estéticos e 3 para ergonômicos, e 1 para biológicos, 2 para psíquicos e 3 para sociais. Além disso, cada requisito também é numerado para que possa ser posteriormente referenciado. Por exemplo, o requisito 1.1.1, faz referência ao primeiro requisito funcional do protocolo, já o requisito 4.2.1 se refere ao primeiro requisito psicológico dos usuários do dispositivo. Essa organização é sintetizada na Figura 24.

FIGURA 24 - ORGANIZAÇÃO DOS REQUISITOS

QUADRO 1 - REQUISITOS DE DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO			QUADRO 3 - REQUISITOS DE DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO		
	<i>Requisitos</i>	<i>Referências</i>		<i>Requisitos</i>	<i>Referências</i>
1.1. Requisitos funcionais	1. Requisito 1	Referências do requisito 1	3.1. Requisitos funcionais	1. Requisito 1	Referências do requisito 1
	x. Requisito x	Referências do requisito x		x. Requisito x	Referências do requisito x
1.2. Requisitos estéticos	1. Requisito 1	Referências do requisito 1	3.2. Requisitos estéticos	1. Requisito 1	Referências do requisito 1
	x. Requisito x	Referências do requisito x		x. Requisito x	Referências do requisito x
1.3. Requisitos ergonômicos	1. Requisito 1	Referências do requisito 1	3.3. Requisitos ergonômicos	1. Requisito 1	Referências do requisito 1
	x. Requisito x	Referências do requisito x		x. Requisito x	Referências do requisito x

QUADRO 2 - REQUISITOS DOS USUÁRIOS DO PROTOCOLO			QUADRO 4 - REQUISITOS DOS USUÁRIOS DO DISPOSITIVO		
	<i>Requisitos</i>	<i>Referências</i>		<i>Requisitos</i>	<i>Referências</i>
2.1. Requisitos biológicos	1. Requisito 1	Referências do requisito 1	4.1. Requisitos biológicos	1. Requisito 1	Referências do requisito 1
	x. Requisito x	Referências do requisito x		x. Requisito x	Referências do requisito x
2.2. Requisitos psicológicos	1. Requisito 1	Referências do requisito 1	4.2. Requisitos psicológicos	1. Requisito 1	Referências do requisito 1
	x. Requisito x	Referências do requisito x		x. Requisito x	Referências do requisito x
2.3. Requisitos sociais	1. Requisito 1	Referências do requisito 1	4.3. Requisitos sociais	1. Requisito 1	Referências do requisito 1
	x. Requisito x	Referências do requisito x		x. Requisito x	Referências do requisito x

(a)

(b)

LEGENDA: a) Requisitos do protocolo; b) Requisitos do dispositivo

FONTE: A autora (2022).

Além desses requisitos, são propostos requisitos para a avaliação do sistema. Esses requisitos são transformados em questões com a indicação dos parâmetros de conformidade para a resposta de cada pergunta. As perguntas delineadas nesta etapa também compõem as métricas de avaliação da proposta final a partir da verificação de aderência entre os requisitos e a solução final.

3.2.2.2 Proposta de solução

A solução consiste em um sistema integrado de produção de valor a partir da interação entre artefatos tangíveis e intangíveis para a solução de um problema real (SANTOS, 2018b; TUKKER; TISCHNER, 2006). Neste caso divide-se no desenvolvimento do protocolo (intangível) e do dispositivo ortoposicionador (tangível) que juntos formam o sistema. A primeira versão da solução foi desenvolvida nesta

fase e na próxima fase foi avaliada separadamente e consecutivamente e alterada a cada avaliação, procedimento chamado de design iterativo (LOWDERMILK, 2013).

- **Desenvolvimento do protocolo**

O protocolo, dada sua característica intangível e da necessidade de explicitação de tarefas realizadas consecutivamente, foi desenvolvido em forma de processo e mapeado com notações de fluxograma. Essas notações são quadros com pontas arredondadas para início e fim do processo, retângulos para indicação de atividades, losangos para tomadas de decisão, ícones de documento para associação com documentos externos, setas cheias para indicação de fluxo e linhas tracejadas para associação entre atividades e fluxo de informações (HARRINGTON, 1991).

Usando a representação de fluxograma setorial, também foram mapeadas as relações entre os usuários do sistema, as atividades a serem realizadas para a antropometria digital e os recursos físicos, técnicos e tecnológicos necessários para a execução dessas atividades. Junto ao protocolo são desenvolvidas ferramentas para a padronização dos processos com base na fase de exploração desta pesquisa.

Essas ferramentas são de classificação da pessoa com deficiência com base na versão 2.1 da CIF (2003) que resume os principais elementos para a identificação da funcionalidade. Para cada código que indica um déficit de funcionalidade, foram feitas recomendações para o uso do sistema que variam com o quanto afetada a pessoa é por aquela questão. Uma ferramenta para a avaliação da qualidade da malha, que são instruções para a criação de uma fórmula que permite a realização de uma avaliação quantitativa das malhas escaneadas. A fórmula considera os erros que podem ser encontrados na malha, a quantidade desses erros encontrados e sua influência para o resultado final, embasando o uso ou descarte da malha obtida. Esse fator foi comentado como de interesse em pesquisas que tratam sobre a análise da malha obtida com a digitalização (ALEMANY et al., 2019; SILVER; WILSON, 2020).

Também foram desenvolvidos dois checklists, um de preparação do ambiente e outro de preparação da pessoa com deficiência e três guias básicos, um de correção da malha escaneada, um de transformação da malha escaneada em produto e um de uso do dispositivo que será desenvolvido na próxima etapa.

A primeira versão do protocolo é desenvolvida e posteriormente avaliada por especialistas e aprimorada conforme detalhado na próxima fase.

- **Desenvolvimento do dispositivo ortoposicionador**

Para o dispositivo ortoposicionador foi seguido o processo de design de produto de Löbach (2001). Em primeiro lugar foram criados painéis de referência visual e funcional para o produto a ser desenvolvido. Em segundo momento esses painéis foram utilizados como base para a geração de alternativas. Após a geração das alternativas elas passaram por dois momentos de seleção, o primeiro com a verificação de sua mínima aderência aos requisitos e o segundo com uma avaliação comparativa entre as alternativas selecionadas. Dessa avaliação comparativa foi selecionada a alternativa final. Feita a seleção, a alternativa final foi aprimorada e detalhada de modo que pudesse ser incluída à primeira versão do sistema.

A primeira versão do dispositivo é apresentada no Capítulo 5 e em seguida também no Capítulo 6 é avaliada e aprimorada consecutivamente na próxima fase.

3.2.3 Fase de avaliação

Esta última fase consiste na avaliação e aprimoramento do artefato desenvolvido e na generalização dos resultados e aprendizados para a classe de problemas. A Avaliação do sistema é dividida entre avaliação e aprimoramento do dispositivo, avaliação e aprimoramento do sistema e prototipagem do sistema.

3.2.3.1 Avaliação e aprimoramento do dispositivo

A avaliação funcional e estrutural do dispositivo foi feita via simulações digitais e construção de modelos físicos. O propósito dessas foi o aprimoramento dimensional e verificação da funcionalidade do dispositivo. Foram feitas quatro avaliações: avaliação funcional e estrutural via construção de um mockup; avaliação estrutural via simulação virtual; avaliação funcional via animação 3D e fabricação e avaliação do protótipo do dispositivo. Essas avaliações resultaram em alterações no dispositivo e culminaram no protótipo utilizado na prototipagem do sistema na próxima etapa.

- **Avaliação funcional e estrutural do dispositivo via *mockup***

A primeira simulação consistiu na fabricação de um *mockup* com as principais características dimensionais e funcionais do dispositivo para que pudesse ser interagido fisicamente. O *mockup* construído foi de média fidelidade e foi fabricado

com canos e joelhos de PVC, madeira e papelão. Com este *mockup* foi possível avaliar as principais características funcionais e estruturais do dispositivo como as diferentes poses adotadas, as suas dimensões gerais e manipulação.

Desta análise foi feito o primeiro redimensionamento do dispositivo.

- **Avaliação estrutural do dispositivo via simulação virtual**

A simulação foi feita para avaliar a integridade estrutural do dispositivo frente ao uso por uma pessoa de 100kg e com estatura de 185 cm que consiste no percentil 95 como indicado por Panero e Zelnik (2002). Para tanto o modelo digital fidedigno do dispositivo, agregado de materiais e montado conforme as instruções determinadas foi submetido à um software, SolidWorks (DASSAULT SYSTEMS, 2020), que permite a realização de simulação estrutural por elementos finitos.

O assento e os pés foram simulados separadamente de maneira a identificar os pontos de falha para cada um dos componentes, e prever a necessidade de alteração de cada uma das partes. Foram simuladas quatro versões dimensionais do dispositivo, o assento de acrílico com 15 mm e 10 mm de espessura e o perfil de seção quadrada dos pés com 15 mm de lado e perfil circular com 20 mm de diâmetro ambos com 1,2 mm de espessura. Todas essas versões dimensionais possuíam o mesmo formato definido na alteração anterior e as mesmas dimensões totais.

Optou-se por comparar os valores simulados com um coeficiente de segurança de valor 3, que segundo Norton (2013) é adequado para produtos e materiais para os quais dados representativos de testes do material estão disponíveis, as condições ambientais nos quais será utilizado são moderadamente desafiadoras e os modelos representam aproximadamente o sistema. Para o cálculo do coeficiente de segurança foi utilizado o limite de escoamento dos materiais disponibilizado pelo software dividido pelos valores de tensão mais altos encontrados em cada simulação. As propriedades dos materiais utilizados podem ser verificadas na Tabela 4.

TABELA 4 - PROPRIEDADES DOS MATERIAIS DO DISPOSITIVO

Propriedades	Aço carbono simples	Acrílico (médio-alto impacto)
<i>Módulo elástico</i>	2.1e+11 N/m ²	3e+10 N/m ²
<i>Coeficiente de Poisson</i>	0.28	0.35
<i>Módulo de cisalhamento</i>	7.9e+10 N/m ²	8,9e+08 N/m ²
<i>Massa específica</i>	7800 kg/m ³	1200 kg/m ³
<i>Resistência de tração</i>	399826000 N/m ²	73000000 N/m ²
<i>Limite de escoamento</i>	2.206e+08 N/m ²	4500e+07 N/m ²

Fonte: Dassault Systems (2020).

O resultado foi considerado positivo, ou seja, que o produto era estruturalmente estável, quando o valor do cálculo do coeficiente de segurança foi igual ou maior que três. Os resultados dessa análise serviram para verificar e alterar estruturalmente o dispositivo de modo que estivesse seguro para uso.

- **Avaliação funcional do dispositivo via animação 3D**

Na segunda parte da avaliação funcional foi feita a animação do uso do dispositivo. A simulação da funcionalidade teve três propósitos principais: verificar e visualizar os processos de interação com o dispositivo; criar um guia visual animado da transferência e adoção das posições para auxiliar os participantes no momento da coleta e apresentar o uso do dispositivo para os avaliadores especialistas na etapa de avaliação do sistema, visto que foi realizada online.

Para tanto, o modelo 3D redimensionado conforme as avaliações anteriores, foi importado para um software de animação 3D, Maya (AUTODESK, 2020a), onde foi também adicionado um modelo 3D de um usuário médio (percentil 50) e de uma cadeira de rodas. Esses três elementos foram animados para simular o uso do dispositivo. A técnica de animação utilizada é a de interpolação.

- **Fabricação e avaliação do protótipo do dispositivo**

Por fim, foi construído e testado o protótipo do dispositivo para que seja usado na prototipagem do sistema. Se deu com a fabricação dos componentes tal como previsto no item 5.2.2.3, com corte a laser e dobra do acrílico e com a calandragem e solda dos pés metálicos. A montagem foi feita por parafusos e porcas com espaçadores em borracha. Os suportes de altura ajustável foram fabricados usando ferragens e peças cortadas a laser e as faixas de segurança em PVC cristal maleável.

Após a montagem este foi testado e experimentado para a verificação da funcionalidade a partir da adoção das posturas planejadas e com o escaneamento. Em primeiro lugar o dispositivo foi manipulado e testado pelos participantes com a realização das transferências para o dispositivo e adoção de todas as posições possíveis de modo a verificar a funcionalidade e estabilidade do dispositivo.

Em seguida foram definidos os parâmetros de escaneamento dos participantes no dispositivo e foi determinado o protocolo de escaneamento. Para isso foram feitas digitalizações, como protocolo de escaneamento tradicional que considera uma

pessoa em pé em frente ao escâner e em seguida foram feitas alterações a esse protocolo de modo que se adequasse ao escaneamento com o uso do dispositivo.

Este protocolo foi usado para a digitalização de participantes sem deficiência nas poses prona e supina. Foram realizadas duas digitalizações por participante, uma na pose prona e outra na supina. Essas malhas obtidas foram avaliadas, discutidas e tratadas tal qual previsto pelo sistema para verificar a funcionalidade do dispositivo para a obtenção de malhas completas do corpo inteiro.

Os participantes são os próprios realizadores da avaliação, revezando-se para as atividades de escaneamento e de ser escaneado. Para essa avaliação foi utilizado um Kinect 360 e drive SDK 1.2 da Microsoft, software de captura Skanect (OCCIPITAL, 2019) com caixa delimitadora de volume cúbico de 2000 mm de lado e modo de escaneamento de profundidade e cor. Os softwares de análise utilizados foram o Meshmixer (AUTODESK, 2020b) e o Blender (2022).

3.2.3.2 Avaliação e aprimoramento do sistema

A avaliação do sistema foi realizada por diferentes especialistas com a técnica de avaliação iterativa prevista pelo DSR (SIMON, 1996, apud SANTOS, 2018a). Assim, a primeira versão do sistema foi apresentada a um especialista que propôs alterações ao sistema. As alterações propostas para essa versão foram aplicadas e inseridas para a próxima versão de avaliação. Para as próximas avaliações foi apresentada ao especialista a versão aprimorada e os pontos alterados para que desse seu parecer, e assim consecutivamente. Isso foi realizado por cinco vezes até a obtenção de uma versão aprimorada em que, segundo Albert e Tullis (2013), em torno de 80% dos problemas teriam sido identificados. Esta última versão foi apresentada e foi utilizada na prototipagem do sistema.

Cada versão foi avaliada inicialmente a partir da utilização da ferramenta de passo a passo cognitivo. Segundo Nielsen (1994), é um importante instrumento de avaliação que consiste na narração em voz alta das atividades realizadas, pensamentos e sentimentos sobre o artefato no momento em que está sendo utilizado (ARAÚJO, 2014; JORDAN, 2002; NIELSEN, 1994). Em seguida foi feita a apresentação das alterações já efetuadas e discussão acerca das propostas de alteração dos seguintes elementos: conteúdo do protocolo, formato de apresentação

do sistema e funcionalidade. Essas atividades foram realizadas por videoconferência. O roteiro da avaliação por especialistas é apresentado no Apêndice A.

Os participantes especialistas desta etapa foram todos aqueles profissionais e pesquisadores que trabalham e/ou pesquisam nas intersecções entre escaneamento tridimensional e o desenvolvimento de produtos para Pessoas com Deficiência Motora. Sua seleção se deu por conveniência com a técnica de seleção de amostra de bola de neve (DESLAURIERS; KÉRISIT, 2008) onde cada participante sugere outros possíveis participantes. No Quadro 13 estão apresentados os critérios de inclusão e exclusão dos participantes especialistas.

QUADRO 13 - CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES NA ETAPA DE AVALIAÇÃO

Participantes	Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Especialistas	Maior de 18 anos.	Incapaz de participar do estudo nas datas determinadas.
	Plenamente capaz.	
	Especialista comprovado na(s) área(s) de estudo.	Possui conflito de interesse na área de pesquisa.
	Possui acesso à internet e equipamentos para videoconferência.	

FONTE: A autora (2022).

3.2.3.3 Prototipagem do sistema

Em posse das versões aprimoradas do protocolo e do dispositivo e de seus respectivos protótipos, foi feita a prototipagem do sistema. A prototipagem é a materialização física ou virtual do artefato, ou partes, para que possa ser testado, utilizado e interagido (HOSS, 2014; STICKDORN et al., 2011). Essa ferramenta é poderosa pois a interação física com o artefato gera insights e pode ser realizada mesmo por pessoas leigas ao processo de design (MATTSON; SORENSEN, 2019; NIELSEN, 1994). A prototipagem do sistema consistiu em realizar as atividades tal como são planejadas no uso final, ou seja, a realização de antropometria digital das pessoas com deficiência motora seguindo as recomendações e ferramentas propostas pelo sistema desenvolvido. Sendo que a única diferença estava no fato de que o ambiente era controlado, monitorado e documentado.

A primeira atividade da prototipagem foi o recrutamento dos participantes. Todos os participantes foram selecionados por conveniência com a seleção de amostra por bola de neve (DESLAURIERS; KÉRISIT, 2008). No Quadro 14 estão apresentados os critérios de seleção dos participantes desta etapa.

QUADRO 14 - CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES NA ETAPA DE PROTOTIPAGEM

Participantes	Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
<i>Pessoa com deficiência motora</i>	Maior de 18 anos.	Possui deficiência intelectual.
	É diagnosticado com lesão da medula espinhal, perda ou dano de membro, paralisia cerebral, distrofia muscular, esclerose múltipla, espinha bífida ou similares.	Possui ou está em recuperação de doença contagiosa.
	É usuário de cadeira de rodas.	Possui lesões ou fraturas em fase de cicatrização.
	Pesa menos de 100 kg.	É alérgico à acrílico e/ou silicone.
	Plenamente capaz.	Incapaz de participar do estudo na data e local determinados.
<i>Especialista em digitalização 3D</i>	Maior de 18 anos.	Incapaz de participar do estudo na data e local determinados.
	Plenamente capaz.	
	Especialista comprovado na área de digitalização 3D e desenvolvimento de Tecnologia Assistiva.	Possui conflito de interesse na área de pesquisa.
<i>Especialista da área da saúde</i>	Maior de 18 anos.	Incapaz de participar do estudo na data e local determinados.
	Plenamente capaz.	
	Formação em terapia ocupacional, fisioterapia ou similares.	
	Especialista comprovado na área de Tecnologia Assistiva.	Possui conflito de interesse na área de pesquisa.

FONTE: A autora (2021).

As atividades se deram em quatro etapas: 1. Convite e instrução do especialista em digitalização 3D; 2. Convite e instrução do especialista da área da saúde; 3. Convite e instrução da pessoa com deficiência motora; e 4. Utilização do sistema. As instruções preliminares ocorreram por videoconferência, primeiro com o especialista em escaneamento 3D e em segundo com o especialista na área da saúde. Nesta segunda foi identificado um paciente do especialista da área da saúde que pudesse participar do escaneamento por se encaixar nos critérios de seleção e ter necessidade de produtos adaptados. Na sequência foi feito o convite e instrução da pessoa com deficiência e agendado o escaneamento. As demais etapas ocorreram como previsto pelo sistema gerenciadas pelos responsáveis identificados no protocolo.

Os escaneamentos ocorreram em uma sala apropriada na Universidade Federal do Paraná, em presença da pesquisadora responsável e dos participantes dos quais pelo menos um profissional era da área da saúde para garantir o bem-estar e segurança do participante e de acompanhante da PcDM. As demais atividades ocorreram on-line ou no local de trabalho dos participantes, conforme necessário.

Os resultados da prototipagem são apresentados, seguindo a ordenação da realização das atividades prevista pelo sistema, e discutidos no Capítulo 7.1 evidenciando os resultados que podem ser obtidos com o uso do sistema.

Em contrapartida à participação, visto que essa malha pode ser utilizada para o desenvolvimento de produtos e também utilizada para a verificação da evolução da deficiência/deformidade, as malhas obtidas e tratadas foram disponibilizadas aos participantes, bem como as que estavam adequadas após avaliação foram transformadas em um assento adaptado que foi disponibilizado gratuitamente.

O protótipo do assento de cadeira de rodas apresentado na tese foi fabricado via impressão 3D, parte de contato com a PcDM e que segue sua morfologia, com adição de espuma de polietileno para atingir as dimensões especificadas pelo especialista da área da saúde. Utilizou-se a impressora Creality CR-10 V3 e os parâmetros de impressão detalhados na Tabela 5.

TABELA 5 - PARÂMETROS DE IMPRESSÃO

Descrição	Parâmetro
<i>Espessura do bico</i>	0.4 mm
<i>Altura da camada</i>	0.35 mm
<i>Preenchimento</i>	10%
<i>Padrão de preenchimento</i>	Grade
<i>Material do filamento</i>	PLA
<i>Temperatura de impressão</i>	200°C
<i>Temperatura da mesa</i>	60°C
<i>Velocidade de impressão</i>	50 mm/s
<i>Suportes</i>	Não

FONTE: A autora (2022).

Na prototipagem foi utilizado o protótipo do dispositivo, o sistema digital na última versão, um Kinect 360 e drive SDK 1.2 da Microsoft, software de captura Skanect (OCCIPITAL, 2019) com caixa delimitadora de volume cúbico de 2000 mm de lado e modo de escaneamento de profundidade e cor. Os softwares de análise utilizados foram o Meshmixer (AUTODESK, 2020b) e o Blender (2022).

3.2.3.4 Generalização dos resultados para a classe de problemas

De acordo com os resultados obtidos no desenvolvimento e avaliações são estabelecidos os limites de abrangência do sistema de viabilização da coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora e as descobertas são generalizadas para a classe de problemas. A generalização tem caráter dissertativo e é analítica. Discute os resultados frente aos problemas previamente identificados.

3.3 MATERIAIS E UNIDADES DE ANÁLISE

Por seguir a lógica abdutiva, esta tese se dá a partir de práticas de aquisição de conhecimento sequenciais que culminam em um sistema que viabiliza a antropometria digital de pessoas com deficiência motora, que é o objeto da pesquisa. Ao total, a tese é composta por treze dessas práticas para as quais são utilizados diferentes materiais detalhados no Quadro 15. Os softwares e equipamentos utilizados tem licença em propriedade da Autora, da Universidade Federal do Paraná ou são de acesso livre.

Práticas	QUADRO 15 - MATERIAIS			
	Materiais		Softwares	
	<i>Escâner e processador</i>	<i>Suportes físicos e digitais</i>	<i>Compilação e tratamento</i>	<i>Análise de dados</i>
1. Pesquisa bibliográfica	Notebook	Material de anotação	Mendeley Excel	Excel Word
2. Escaneamento através de materiais transparentes	Kinect 360 Notebook	Acrílicos/vidros Mão de madeira Paquímetro	Skanect Meshmixer	Excel Geomagic Word
3. Escaneamento com dispositivo de posicionamento	Kinect 360 Notebook	Cadeira transparente Plataforma elevatória	Skanect Recfusion Meshmixer	Meshmixer Excel Word
4. Elaboração de requisitos	Notebook	Material de anotação	Mendeley Word	Word
5. Desenvolvimento do protocolo	Notebook	Material de anotação Material de desenho	Corel Draw Word	Word
6. Desenvolvimento do dispositivo	Notebook	Material de anotação Material de desenho Papel triplex	Corel Draw Solidworks Word	Solidworks Word
7. Avaliação funcional e estrutural do dispositivo via mockup	Notebook	Mockup (PVC, madeira, papelão, parafusos e peça impressa em 3D)	Solidworks Word	Solidworks Word
8. Avaliação estrutural do dispositivo via simulação virtual	Notebook	Calculadora Modelo digital do dispositivo	Solidworks	Solidworks Word
9. Avaliação funcional do dispositivo via animação 3D	Notebook	Modelo digital do dispositivo	MakeHuman Maya	Vídeo Word
10. Fabricação e avaliação do protótipo do dispositivo	Kinect 360 Notebook	Protótipo físico do dispositivo	Skanect Meshmixer	Meshmixer Word
11. Avaliação e aprimoramento do sistema	Notebook	Sistema (versões) Roteiro e TCLEs	Excel Word	Planilha Word
12. Prototipagem	Kinect 360 Notebook	Câmera fotográfica Protótipo do dispositivo Plataforma digital (versão final)	Skanect Meshmixer Blender Planilha	Meshmixer Blender Planilha Word
13. Generalização	Notebook	Material de anotação	Word	Word

FONTE: A autora (2022).

Além dos materiais utilizados, para as práticas experimentais podem ser apontadas as suas unidades de análise, Quadro 16. Para essas etapas práticas

avaliativas aponta-se o objeto de análise; qual a sua abordagem, qualitativa, quantitativa ou ambas; os parâmetros de avaliação; e as variáveis de controle, dependentes e independentes envolvidas.

QUADRO 16 - UNIDADES DE ANÁLISE						
<i>Práticas</i>	<i>Objeto</i>	<i>Abordagem</i>	<i>Variável controle</i>	<i>Variável independente</i>	<i>Variável dependente</i>	<i>Parâmetro de avaliação</i>
2. Escaneamento de materiais transparentes	Transparência com escâner	Quantitativa	Mesmo ambiente experimental	Materiais: vidro e acrílico	Malhas escaneadas	Qualidade da malha obtida
3. Escaneamento com dispositivo de posicionamento	Transparência no contexto	Ambas	Mesmo ambiente experimental	Softwares de coleta; Participantes	Malhas escaneadas	Qualidade da malha obtida
7. Avaliação funcional e estrutural do dispositivo via mockup	Estrutura funcional do dispositivo	Qualitativa	Mesmas dimensões no dispositivo físico e virtual	Alterações dimensionais e formais	Funcionalidade do dispositivo	Adequada funcionalidade do dispositivo
8. Avaliação estrutural do dispositivo via simulação virtual	Estrutura do dispositivo	Quantitativa	Mesmas propriedades no dispositivo físico e virtual	Alterações dimensionais e formais	Resultados das simulações	Capacidade estrutural do dispositivo
9. Avaliação funcional do dispositivo via animação 3D	Funcionalidade do dispositivo	Qualitativa	Mesmas propriedades no dispositivo físico e virtual	Interações diferentes: poses e transferências	Resultados das simulações	Funcionalidade do dispositivo
10. Fabricação e avaliação do protótipo do dispositivo	Funcionalidade do dispositivo	Ambas	Mesmas propriedades do protótipo do dispositivo final, mesmas poses	Participantes	Malhas escaneadas; Avaliação de funcionalidade	Capacidade estrutural real; funcionalidade; Qualidade da malha obtida
11. Avaliação e aprimoramento do sistema	Adequação do sistema	Qualitativa	Mesmo roteiro	Participantes Versões do protocolo	Versões do protocolo	Aprovação do sistema
12. Prototipagem	Funcionalidade do Sistema	Ambas	Uso do sistema conforme apresentado	Participantes	Malha escaneada Respostas ao questionário	Respostas positivas ao questionário de avaliação

FONTE: A autora (2022).

Para as etapas de pesquisa bibliográfica, elaboração de requisitos, desenvolvimento do protocolo e dispositivo não são apontadas unidades de análise, pois a avaliação destes é feita nas fases sequenciais à elaboração.

3.4 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Paraná sob o CAAE (Certificado de Apresentação de Apreciação Ética) 39378720.9.0000.0102 e aprovada pelo Parecer Consubstanciado 4.442.734 no dia 07/12/2020. Após aprovação também foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa

do Hospital do Trabalhador do Paraná sob o CAAE 39378720.9.3001.5225 e aprovada pelo Parecer Consubstanciado 4.536.560 no dia 11/02/2021.

A participação de todas as atividades se deu de maneira voluntária e não remunerada e com seleção por meio de convite por conveniência. Todos os participantes tiveram sua anonimidade garantida com a despersonalização de malhas escaneadas e fotografias e com a criação de códigos para referência aos participantes. As atividades que seriam realizadas foram previamente comunicadas aos participantes que puderam se retirar do estudo a qualquer momento. Além disso, seguiram-se outros princípios éticos como o resguardo da privacidade dos participantes nos momentos de troca de roupas, o respeito e educação no tratamento dos participantes e a garantia de sua segurança física e mental sem a restrição de acompanhante e com a presença de profissional da área da saúde.

Todas as etapas com participantes foram iniciadas com a leitura e assinatura de Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLEs) que delineiam a participação no estudo. O conteúdo dos termos pode ser verificado no Apêndice B. Para as pessoas participantes foi entregue uma cópia do TCLE assinado por todas as partes. Para aqueles que foram digitalizados e assim o requisitaram, a malha digitalizada foi disponibilizada. Os dados coletados ficam sob guarda da pesquisadora com identificações codificadas de modo a garantir seu sigilo.

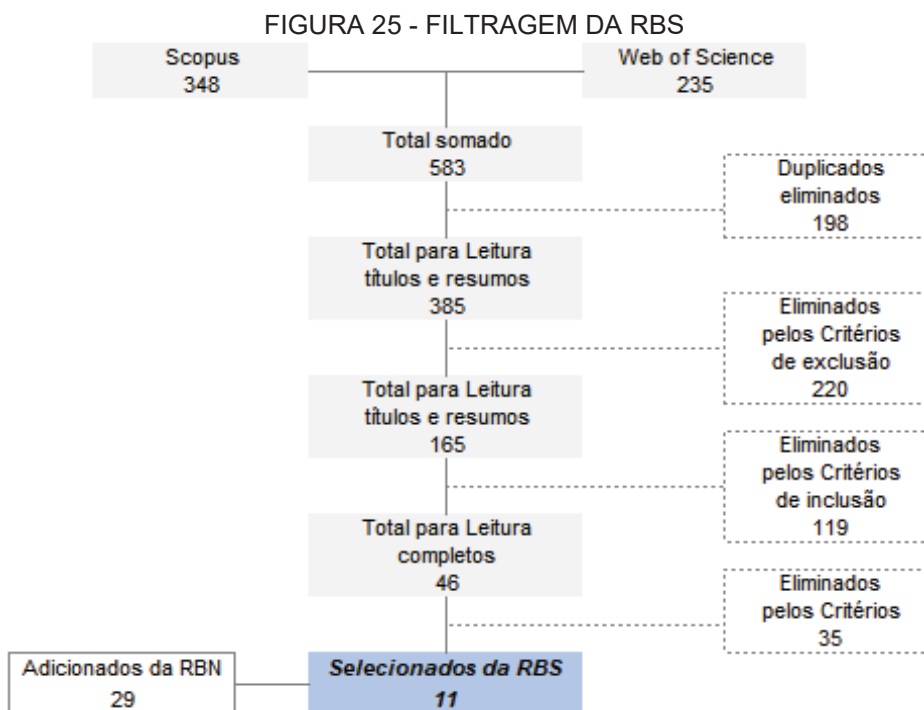
A prototipagem do sistema foi realizada em parceria com profissionais na área da saúde, e especificamente profissionais da área de fisioterapia, terapia ocupacional e cuidadores das pessoas com deficiência que foram convidadas a participar. Todas as atividades presenciais foram realizadas em uma localidade especificamente designada na Universidade Federal do Paraná onde foi garantida a privacidade dos participantes e onde todas as condições sanitárias relativas à proteção contra a COVID-19 foram tomadas, como o uso obrigatório de máscaras, ampla ventilação e higienização de mãos e superfícies.

4 RESULTADOS DA FASE DE EXPLORAÇÃO

A Fase de Exploração é a primeira fase do método onde é identificado o problema, via revisões bibliográficas, e são realizados experimentos para exploração e compreensão do objeto de pesquisa fundamentando as demais fases.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Para esta etapa foram realizadas duas revisões bibliográficas, uma sistemática e outra narrativa. Para a revisão bibliográfica sistemática o processo de filtragem dos trabalhos selecionados está resumido na Figura 25.



FONTE: A Autora (2022).

Estes quarenta trabalhos fazem referência a 27 estudos acerca da antropometria de pessoas com características corporais diversas e principalmente pessoas com deficiência motora. A partir desses foi identificado e fundamentado o problema da pesquisa de **“Como pode ser feita a coleta de antropometria digital do corpo inteiro de pessoas com deficiência motora com o objetivo de desenvolvimento de produtos adaptados para suas morfologias corporais?”**.

4.2 EXPERIMENTAÇÃO

Nesta etapa são determinadas as condições de funcionamento da tecnologia de digitalização tridimensional, usando como exemplo o equipamento de baixo custo Kinect 360 (MICROSOFT, 2019); e também são identificadas e testadas as características do escaneamento e antropometria digital para a determinação dos requisitos para o desenvolvimento da solução de viabilização da coleta de antropometria digital para pessoas com deficiência motora.

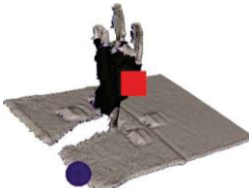
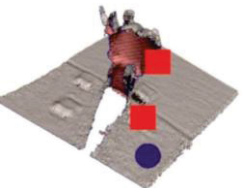
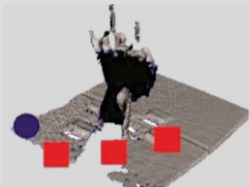
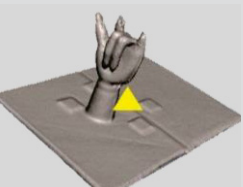
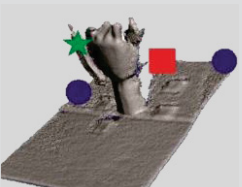
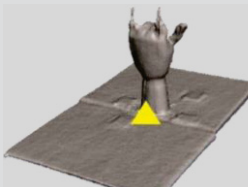
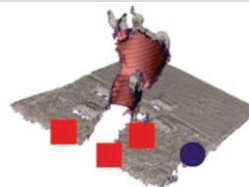
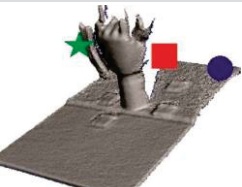
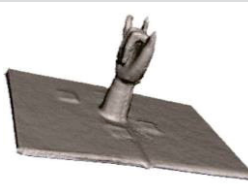
4.2.1 Escaneamento através de materiais transparentes

Em busca de uma solução de posicionamento para pessoas com diferentes necessidades, estudou-se o comportamento de materiais transparentes, especialmente a capacidade de digitalizar um corpo através do material, para sua utilização na construção de suportes e gabaritos. Foram experimentados um vidro de 6 mm, um vidro de 3 mm e um acrílico de 2 mm de espessura em situações que se assemelham ao escaneamento de um corpo para antropometria digital, ou seja, partes do corpo encostadas no vidro, partes afastadas e também partes escaneadas apenas através do material transparente ou em sua completude, volta completa. A descrição detalhada do experimento foi publicada em Sierra et al. (2020).

Questionou-se em primeiro lugar a possibilidade do escaneamento por infravermelho, tecnologia de escaneamento usada pelo Kinect 360, através de materiais transparentes, visto que tal afirmação era desconhecida e inexistia na literatura. Tomando a afirmativa por verdadeira, conjecturou-se também se os erros de refração que inevitavelmente surgiriam iriam afetar o dimensionamento da malha e, além disso, perguntou-se quais outros erros seriam encontrados na malha.

Ao realizar o experimento, encontrou-se que é possível a digitalização através de superfícies transparentes com a tecnologia de luz infravermelha estruturada e que o resultado final da malha digitalizada aparece como se inexistisse o material transparente colocado como intermediário. Ainda, como esperado, algumas falhas foram encontradas nas malhas digitalizadas que podem ter sido geradas ou agravadas por causa da digitalização através de materiais transparentes. Essas falhas encontradas na digitalização são esquematizadas no Quadro 17.

QUADRO 17 - FALHAS ENCONTRADAS NA DIGITALIZAÇÃO

Situação Rotação	Afastado		Encostado	
	Frontal	Total	Frontal	Total
<i>Acrílico</i> <i>2 mm</i>				
<i>Vidro</i> <i>3 mm</i>				
<i>Vidro</i> <i>6 mm</i>				

LEGENDA: ■ Oclusão/aberturas; ● Qualidade superficial; ▲ Costura; ★ Objetos estranhos

FONTE: A autora (2022).

Foram encontradas onze falhas de oclusão (47,8%), sete de qualidade superficial (30,5%), três de costura (13%) e duas de objetos estranhos (8,7%). A falha na digitalização dos dedos não foi considerada como erro pois são dimensões que conhecidamente não são captadas pelo escâner de baixo custo utilizado. Como foi descrito no referencial teórico o Kinect 360 é um escâner apropriado para dimensões médias e grandes e não para dimensões pequenas como dedos.

As falhas de oclusão e de qualidade superficial, foram encontradas apenas nos casos onde o objeto foi escaneado somente através do material. Para a oclusão isso era esperado pois ao utilizar-se uma meia volta, partes ficam invisíveis ao escâner o que gera aberturas. Para as falhas de qualidade superficial, isso pode ter ocorrido pela dificuldade do acesso do infravermelho à superfície, tanto pela interferência do objeto transparente quanto pela distância do escâner, que não pôde ser aproximado dada a restrição de não digitalizar o objeto sem a mediação do material transparente.

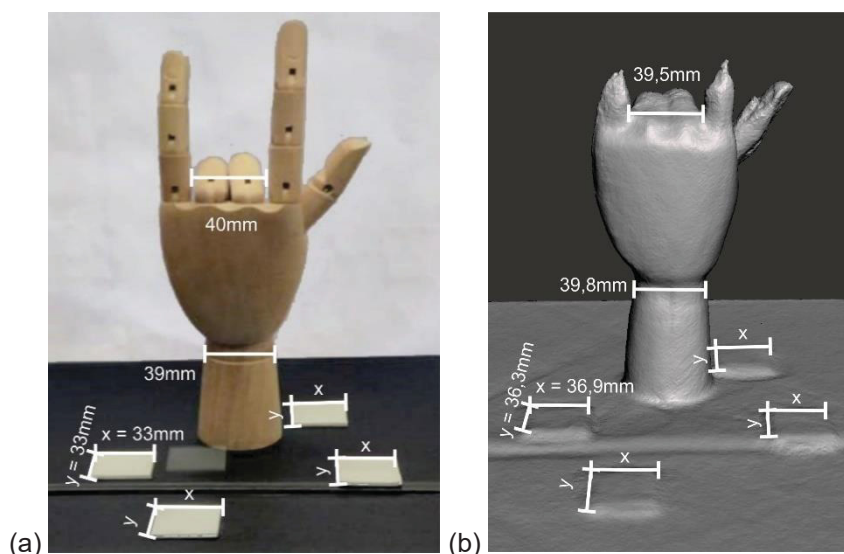
As falhas de costura, ocorreram em apenas em três casos onde foi digitalizado todo o objeto. Por fim, a ocorrência de objetos estranhos, aconteceu em apenas em dois casos quando o material era de vidro e o objeto estava encostado no suporte. Acredita-se que esses objetos estranhos sejam causados pelo reflexo do objeto escaneado no vidro. Encontraram-se falhas para todos os suportes de material

transparente, sendo que, o de acrílico foi o que apresentou menos erros. Acredita-se que a espessura da superfície não teve influência sobre os erros, visto que o vidro de 6 mm gerou menos erros do que o vidro de 3 mm.

O outro questionamento que foi feito acerca da capacidade de escanear objetos através da superfície transparente foi a influência da refração para o dimensionamento das malhas escaneadas. Para tanto foram coletadas dimensões do objeto e do ambiente para que fossem comparados e verificada a influência da refração. Também, para comparar os resultados com o erro inerente do dispositivo, foi realizada uma digitalização completa sem qualquer interferência do objeto transparente.

Foram realizadas 10 medições em cada malha gerada com o software Geomagic com o comando de criação de superfície e verificação de ajuste, e estas foram comparadas com as medidas reais e com as medidas da forma digitalizada sem a influência do material transparente, Figura 26.

FIGURA 26 - DIMENSÕES REAIS E ESCANEADAS SEM INFLUÊNCIA DO MATERIAL



LEGENDA: a) Dimensões reais. b) Dimensões do objeto escaneado sem influência de material transparente.

FONTE: A autora (2022).

As medidas analisadas foram: médias das medidas x e y dos marcadores (medida real $x = 33$ mm, $y = 33$ mm, medida escaneada padrão $x = 36,9$, $y = 36,3$ mm); Distância entre as bases dos dedos mínimo e indicador (medida real 40 mm, medida escaneada padrão 39,5 mm); e diâmetro do punho (medida real 39 mm, medida escaneada padrão 39,8 mm). É importante ressaltar que essas medidas são

consideradas pequenas no contexto do equipamento Kinect e que é naturalmente esperado um erro dimensional elevado (GUIDI; GONIZZII; MICOLI, 2016).

No entanto, o propósito dessas medições é verificar a influência da refração para as medidas obtidas de maneira comparativa entre as situações e materiais, e não a obtenção de medidas precisas para essas dimensões, visto que já é sabida a limitação do equipamento para esse caso. Os resultados das medições podem ser conferidos comparativamente na Tabela 6. Nesta tabela estão dispostas as diferenças matemáticas entre as medidas reais e as obtidas com o escaneamento.

TABELA 6 - DIVERGÊNCIAS EM mm ENTRE AS MEDIDAS REAIS E AS COLETADAS

Material	Variável	Real (mm)	Diferença para a dimensão real				
			Escaneada padrão*	Afastado*		Encostado*	
				Parcial	Total	Parcial	Total
ACRÍLICO 2 mm	AC y	33	3,3	2,1	-2,2	2,1	0,5
	AC x	33	3,9	-3,1	2,5	1,4	2,6
	AC punho	39	0,8	16,1	8	10,5	0,8
	AC dedos	40	-0,5	-2,8	0,3	-1,5	-0,8
VIDRO 3 mm	V3 y	33	3,3	3	4	5,5	0,4
	V3 x	33	3,9	6,1	5	-2,2	2
	V3 punho	39	0,8	1,4	4,8	14,5	5,9
	V3 dedos	40	-0,5	-3	-2,1	-1,8	0,2
VIDRO 6 mm	V6 y	33	3,3	1,6	-2,3	1,7	6,7
	V6 x	33	3,9	4,5	0,5	0,6	2,2
	V6 punho	39	0,8	3,6	5,8	15,3	4,9
	V6 dedos	40	-0,5	-3,3	-0,1	-1,1	0,5

LEGENDA: * Dimensão real - dimensão escaneada. Em Verde: Valores dentro do erro esperado como definido por Guidi; Gonizzi; Micoli (2016) entre -4 e 4 mm.

FONTE: A autora (2022).

Para todos os casos não é possível identificar uma relação entre as diferenças dimensionais com os materiais transparentes. A partir da realização de uma análise de variância (ANOVA) encontrou-se um valor de $p = 0,98$, o que indica que não há diferença significativa entre os grupos. Ou seja, a espessura e o material diferente (vidro ou acrílico) não afetou de maneira significativa as medidas obtidas o que indica que apesar de possivelmente haver erros de refração ele ocorreu para todos os casos de maneira semelhante e que foi possivelmente mitigado pelo próprio erro inerente do dispositivo de baixo custo (GUIDI; GONIZZII; MICOLI, 2016).

Percebe-se também que a maior parte dos erros fora do padrão esperado, está relacionada com o diâmetro do punho, pois, por ser oval, pode ter havido dificuldade em localizar o local específico da medição. Além de que, para casos em que houve o escaneamento apenas através da superfície transparente, parte desse punho estava

deformada e com partes faltantes. Neste caso, a recomendação da digitalização de todo o entorno do membro e a utilização de *landmarks* se mostra como essencial.

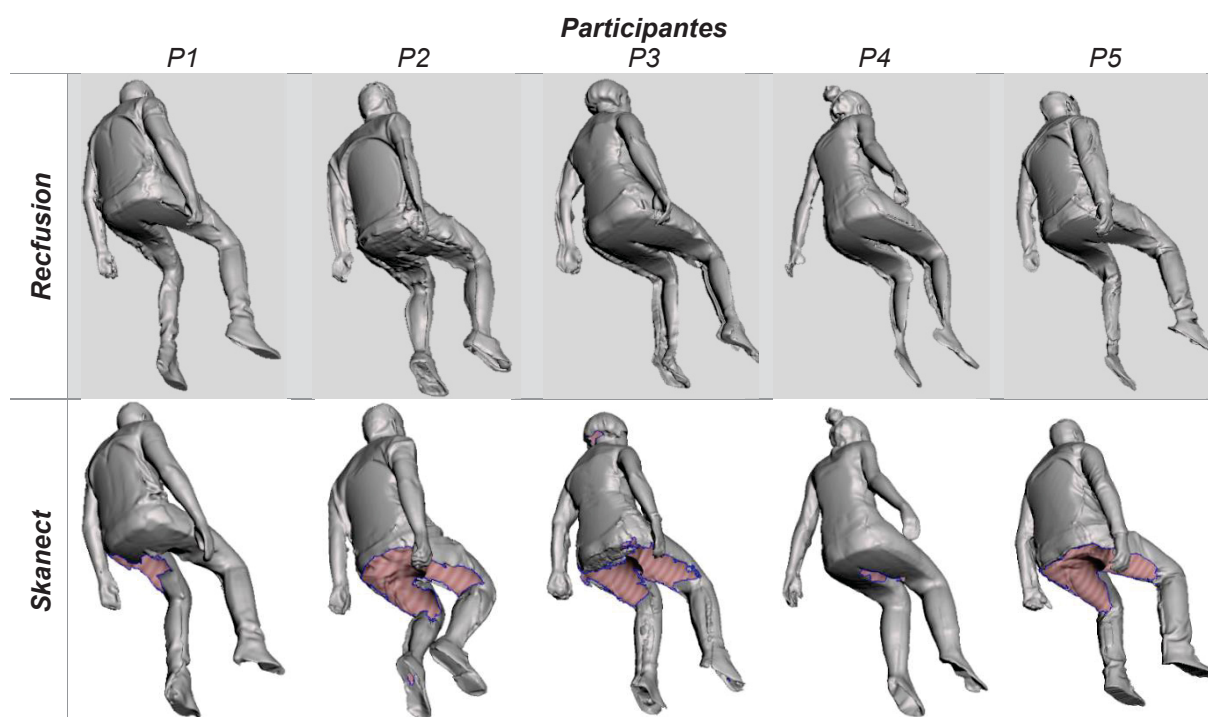
A análise quantitativa demonstra que apesar das divergências dimensionais entre as medidas reais e as digitalizadas, esse erro já era esperado (GUIDI; GONIZZI; MICOLI, 2016) dadas as limitações do equipamento Kinect. O fator de interesse para este trabalho foi que os erros de refração esperados não foram identificados e/ou foram mascarados. Isso indica que o próprio erro sistemático do equipamento (DUTTA, 2012) pode mascarar as possíveis deformações advindas da refração fazendo com que os materiais transparentes possam ser utilizados para a criação de guias e suportes para a antropometria digital.

4.2.2 Escaneamento com dispositivo de posicionamento - piloto

A partir da experiência anterior, realizou-se um experimento para avaliar o comportamento da digitalização do corpo inteiro das pessoas com algumas partes mediadas por materiais transparentes. Para assim verificar a possibilidade de desenvolvimento de um dispositivo de posicionamento para a antropometria digital com esses materiais e identificar possíveis requisitos para essa construção. Como o público da pesquisa são pessoas usuárias de cadeira de rodas, optou-se pela utilização de uma cadeira em acrílico para realizar o experimento. O detalhamento do experimento foi apresentado também em Sierra e Okimoto (2021a). Foram digitalizados 5 participantes sentados na cadeira com dois softwares de captura: o Skanect (OCCIPITAL, 2019) e o Recfusion (2019).

Comprovou-se a possibilidade de digitalização de pessoas através de superfícies transparentes mesmo através de geometrias complexas. Isso é evidenciado pelo Quadro 18 onde são dispostas as malhas digitalizadas obtidas. Percebe-se que o material transparente, não foi o principal gerador dos erros encontrados na malha. O principal gerador de erros foi o posicionamento dos participantes. Isso é demonstrado pelas costas de todos os participantes que estavam apoiadas no encosto transparente, e que todas foram captadas. O mesmo não ocorreu com a parte inferior das coxas que não foi completamente captada em diversas digitalizações. Isso se deu pela dificuldade de acesso do escâner à essa parte do corpo mesmo com a adição de plataforma elevada.

QUADRO 18 - MALHAS RESULTANTES DO ESCANEAMENTO



FONTE: A Autora (2022).

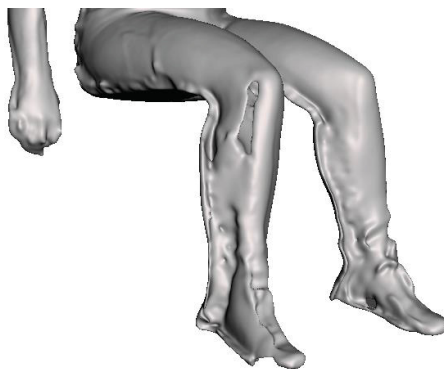
Entre os dois softwares utilizados encontrou-se que o primeiro, Recfusion realizou o fechamento das malhas em mais digitalizações, apesar de que, para isso, fez extrapolações e gerou malhas irregulares. Isso aconteceu devido o software ser programado para realizar o fechamento automático da malha. O software Skanect não possui essa propriedade e gera malhas abertas em locais onde não há informações suficientes na digitalização. Por isso o software Skanect é mais tolerante à pequenas movimentações e gera malhas com menos falhas de movimentação. Isso pode ser visualizado com a análise das pernas das malhas escaneadas que estão incorretas.

Para além da possibilidade de escaneamento através de um objeto transparente que posiciona todo o corpo, que foi positivamente comprovada, levantam-se algumas questões que influenciaram na qualidade das digitalizações e que devem ser consideradas para a determinação dos requisitos para a criação de um dispositivo de posicionamento para antropometria digital.

A principal questão que influenciou a qualidade da malha digitalizada foi a movimentação durante o escaneamento. Essa movimentação, Figura 27, se deu principalmente nos membros superiores e inferiores pois estavam sem apoio. Especialmente nos membros inferiores de participantes menores que estavam sem apoio da ponta do pé, dada a elevação da cadeira para acesso com o escâner. Isso

indica a necessidade de prover mais suporte para todos os membros durante a digitalização, além da consideração do suporte de pessoas de diferentes tamanhos.

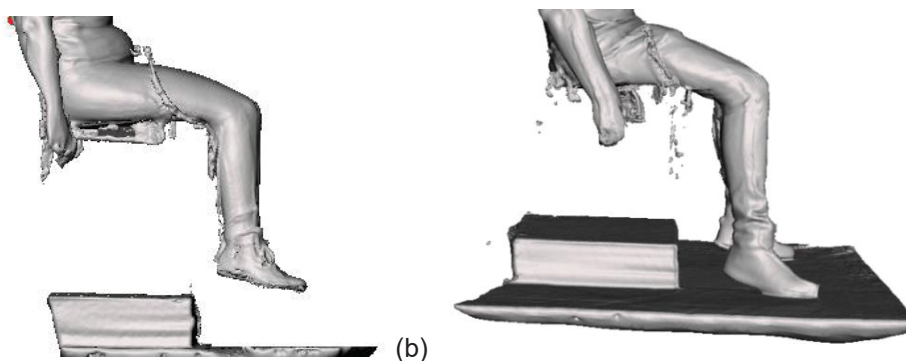
FIGURA 27 - FALHAS DE MOVIMENTAÇÃO



FONTE: A autora (2022).

Além das falhas de movimentação, o acesso às solas dos pés foi prejudicado pois, como já comentado, não havia espaço para a sua captura que é de 500 mm. Isso causou falha na captura das geometrias de todas as solas e algumas laterais dos pés. Além disso, os participantes mais altos, mesmo com a elevação encostaram as pontas dos pés no chão o que dificultou ainda mais a digitalização, Figura 28.

FIGURA 28 - PÉS PENSOS E ENCOSTADOS NO CHÃO



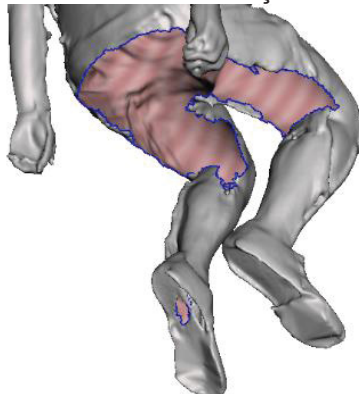
LEGENDA: a) plataforma elevada e pés do participante suspensos; b) Plataforma elevada e pés do participante encostados no chão.

FONTE: A autora (2022).

Essas dificuldades de acesso que causam perdas de geometria também ocorreram com a parte inferior das coxas dos participantes, Figura 29, principalmente com o uso do software Skanect. Assim, infere-se que as perdas ocorreram, não por causa do material transparente e sim pela dificuldade de acesso do infravermelho e da sombra gerada pelo próprio corpo dos participantes, visto que a luz vinha de cima.

Isso aponta para a necessidade de melhor acesso a essas partes do corpo no momento da digitalização e melhor iluminação.

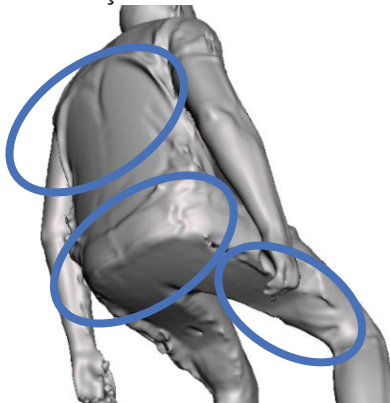
FIGURA 29 - FALHA NA DIGITALIZAÇÃO NAS COXAS E PÉS



FONTE: A autora (2022).

A outra questão foi a dificuldade de posicionamento dos membros superiores para que ficassem afastados do corpo, o que gerou a fusão de geometrias e movimentação por falta de apoio. A fusão poderia ser evitada com uma localização pré-definida para os membros superiores, de preferência com a provisão de suportes que possam auxiliar o seu posicionamento e mantê-los estáticos.

FIGURA 30 - TRANSIÇÃO DAS GEOMETRIAS COM E SEM APOIO



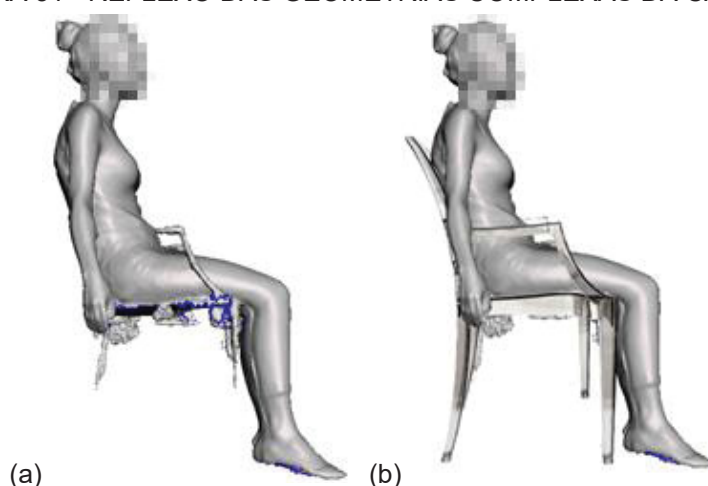
FONTE: A autora (2022).

Algumas das falhas encontradas foram diretamente influenciadas pelo objeto, cadeira, utilizada na digitalização. Encontraram-se questões com a área superficial pequena do encosto e assento comparado com os maiores participantes. Isso causou áreas de transição entre as partes encostadas e partes não encostadas que afetaram a geometria das costas e na parte lateral das coxas, Figura 30. Acredita-se que áreas maiores de superfície gerem melhores geometrias. O peso também influenciou nessa questão pois participantes mais pesados distribuíram mais o peso, deformando os

contornos da parte inferior das coxas. Sugere-se que haja melhor distribuição de peso no dispositivo, para a geração de geometrias com menos deformação.

Outro fator que afetou o tempo de correção da malha, mas que não necessariamente afetou a sua qualidade, foram as partes complexas da geometria da cadeira que geraram objetos estranhos, principalmente onde há paredes triplas e dobras vincadas. O reflexo entre essas geometrias foi capturado pelo escâner, assim como foi visto no experimento com os materiais transparentes. Um comparativo desses reflexos, que no geral estavam separados da geometria do corpo (exceto para os participantes maiores), e a referência da sua origem pode ser visto na Figura 31.

FIGURA 31 - REFLEXO DAS GEOMETRIAS COMPLEXAS DA CADEIRA



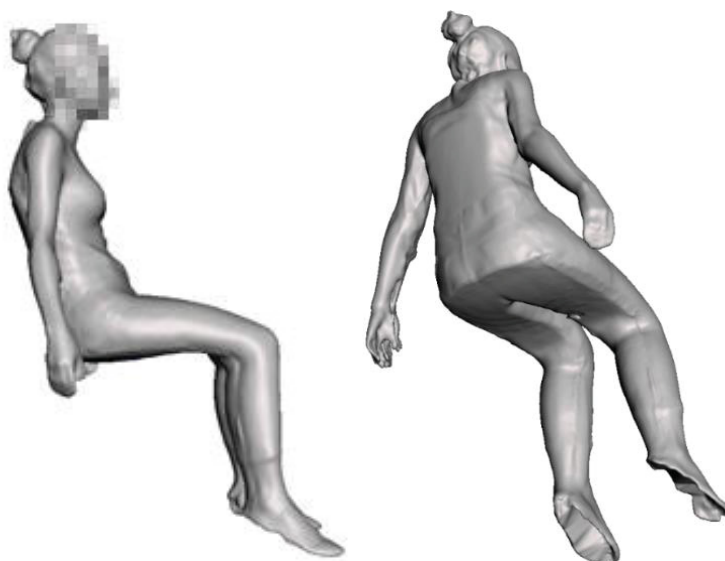
LEGENDA: a) Resultado da digitalização; b) Sobreposição da digitalização com fotografia da cadeira.

FONTE: A autora (2022).

Por fim, neste experimento não houve a previsão do uso de roupas ajustadas, o que geraria geometrias melhor representativas da morfologia dos participantes, com menos espaços de oclusão e possivelmente com menor percepção da transição entre as partes apoiadas. Também não houve previsão de nova digitalização caso a malha tivesse falhas, pois o propósito foi justamente a identificação das questões relativas à construção do dispositivo e possíveis requisitos para a sua fabricação. Se isso fosse adicionado nas recomendações para a digitalização, acredita-se que seria possível gerar malhas de qualidade e completas para todos os participantes.

Apesar dessas falhas, na maior parte das malhas, as geometrias puderam ser corrigidas e poderiam ser utilizadas para a antropometria digital e desenvolvimento de produtos. Um exemplo de uma geometria ideal obtida está na Figura 32. Selecionou-se a mesma da Figura 31 para demonstrar a pequena influência que os reflexos tiveram para o resultado final da malha corrigida.

FIGURA 32 - MALHA IDEAL OBTIDA NO EXPERIMENTO



FONTE: A autora (2022).

Com o experimento percebeu-se que é possível a captura de morfologias corporais para a antropometria digital utilizando como suporte um dispositivo construído em acrílico. No entanto, este dispositivo deve ser otimizado e para isso são geradas recomendações para o objeto construído que são:

- Considerar as limitações do escâner em relação às distâncias e permitir adequado acesso a todo o entorno do participante;
- Necessidade de minimização das movimentações involuntárias;
- Necessidade de avaliação das geometrias coletadas antes da liberação do participante, pois pode haver necessidade de nova digitalização;
- É possível minimizar erros de oclusão e aberturas com o uso de roupas ajustadas ao corpo e melhor iluminação;
- É preciso afastar os membros do corpo para minimizar a fusão das partes;
- É possível a construção de um dispositivo de posicionamento com materiais transparentes como o vidro ou acrílico;
- Não deve haver transições bruscas ou partes vincadas no dispositivo;
- Buscar solução para mitigar a deformação das malhas nas partes apoiadas.

Esta etapa de experimentação foi fundamental para identificar as premissas práticas para a construção dos requisitos de desenvolvimento da solução. Os resultados dessa fase, fundamentação teórica e experimentos, são base para a determinação dos requisitos que são apresentados no Capítulo 5.

5 RESULTADOS DA FASE DE PROPOSIÇÃO

A coleta de antropometria digital de Pessoas com Deficiência Motora é uma atividade que envolve a interação entre dois componentes, um intangível que organiza o processo de planejamento, digitalização e pós processamento, chamado aqui de protocolo e um tangível de auxílio à digitalização, chamado de dispositivo ortoposicionador. Os dois componentes juntos compõem um sistema. Cada um desses elementos exige diferentes conjuntos de requisitos e diferentes processos de desenvolvimento que são descritos na sequência.

5.1 DEFINIÇÃO DE REQUISITOS

O êxito de um projeto é relacionado com a satisfação das necessidades e expectativas dos usuários. Para tanto essas necessidades e expectativas devem ser traduzidas em requerimentos tangíveis, requisitos, que possam ser abordados nas fases de desenvolvimento de projeto. Esses requisitos se constituem em atributos e características que suportam o desenvolvimento do artefato e fatores para o reconhecimento da qualidade do projeto final (ROZENFELD et al., 2006).

Os requisitos desta pesquisa foram retirados das conclusões, apontamentos, recomendações e lacunas apontadas pelos trabalhos constituintes da fundamentação teórica e dos resultados dos experimentos da fase de exploração.

5.1.1 Requisitos para o desenvolvimento do protocolo

Os requisitos para o desenvolvimento do protocolo englobam as necessidades de três grupos de usuários: as pessoas com deficiência motora usuárias de cadeira de rodas; profissionais da área da saúde; e designers, projetistas e pesquisadores nas áreas de antropometria digital e de tecnologia assistiva. O protocolo a ser desenvolvido consiste em um conjunto de informações organizadas de maneira a serem sequencialmente realizadas. Inicia com uma necessidade relacionada com a antropometria digital de pessoas com deficiência motora e finaliza com a solução deste problema. Além disso, o protocolo, apesar de ser de natureza intangível, precisa ser evidenciado de alguma maneira para possibilitar o uso e registro das atividades realizadas, o que também é englobado nos seus requisitos.

Feitas essas considerações, os requisitos do protocolo são divididos em dois quadros, o primeiro de requisitos de desenvolvimento do protocolo, Quadro 19, dividido em requisitos funcionais, estéticos e ergonômicos e o segundo de requisitos dos usuários, Quadro 20, que envolve requisitos biológicos, psicológicos e sociais.

QUADRO 19 - REQUISITOS DE DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO

	Requisitos	Referências
1.1. Requisitos funcionais	1. Permitir o planejamento individualizado	Araújo (2014); Hobson; Molenbroek (1990); Kaklanis; Stavropoulos; Tzouvaras (2015); Lowdermilk (2013); Persson et al. (2015); Sims et al. (2012); Steinfeld; Lenker; Paquet (2002).
	2. Oferecer uma visão geral do processo	Bravo et al. (2018); Gill; Hayes; Parker (2016); Hobson; Molenbroek (1990); ISO 20685-1 (2018); Jordan (2002); Kaklanis; Stavropoulos; Tzouvaras (2015); Nielsen (1994); Rubin; Chisnell (2008); Sims et al. (2012).
	3. Apresentar pré-requisitos para o uso	Bravo et al. (2018); Brendler; Teixeira (2016); Gleason et al. (2018); Hobson; Molenbroek (1990); Iida (2005); ISO 20685-1 (2018); Kaklanis; Stavropoulos; Tzouvaras (2015); Sims et al. (2012); Tarabini et al. (2018).
	4. Apresentar as possíveis saídas do protocolo	Bravo et al. (2018); Brendler et al. (2018); Brunsman; Daanen; Robinette (1997); Gill; Hayes; Parker (2016); Guseva et al. (2020); Heymsfield et al. (2018); Hong et al. (2018); ISO 20685-1 (2018); Tomkinson; Shaw (2013).
	5. Identificar materiais e atividades necessários para cada fase	Barboza et al. (2018); Brunsman; Daanen; Robinette (1997); Crytzer et al. (2016); Denoel (2009); Gill; Hayes; Parker (2016); ISO 20685-1 (2018); Rauter; Vodcar; Simenko (2017); Tarabini et al. (2018).
	6. Apresentar instruções para as atividades	Bergmann; Magalhães (2017); Gill; Hayes; Parker (2016); Helander (2005); Iida (2005); Jordan (2002); Lowdermilk (2013); Nielsen (1994); Papanek; Fuller (1972); Rubin; Chisnell (2008); Sims et al. (2012).
	7. Padronizar as atividades.	Bravo et al. (2018); Gill; Hayes; Parker (2016); Helander (2005); ISO 20685-1 (2018); Jordan (2002); Lowdermilk (2013); Nielsen (1994); Norton; Olds, (2005); Pheasant (2003); Scataglini; Paul (2019).
	8. Permitir o registro contextual do indivíduo	Bradt Miller (2000); Bradtmiller; Annis (1997); Hobson; Molenbroek (1990); Jette (2006); Kaklanis; Stavropoulos; Tzouvaras (2015); OMS (2013); Paquet; Feathers (2004); Robinette (2013); Sims et al. (2012).
	9. Ser transportável	Brendler et al. (2016); Brendler; Teixeira (2016); Gleason et al. (2018); Tarabini et al. (2018).
	10. Ser reproduzível	Hobson; Molenbroek (1990); ISO 20685-1 (2018); Kaklanis; Stavropoulos; Tzouvaras (2015); Sims et al. (2012).
	11. Ser acessível	Bergmann; Magalhães (2017); Brendler; Teixeira (2016); Gleason et al. (2018); Helander (2005); Hobson; Molenbroek (1990); Lowdermilk (2013); Sims et al. (2012); Tarabini et al. (2018); Vitali; Rizzi, (2018).
	12. Permitir alterações durante o uso	Brendler et al. (2016); Brendler; Teixeira (2016); Gleason et al. (2018); Newell et al. (2011); Story; Mueller; Mace (1998); Tarabini et al. (2018).
1.2. Req. estéticos	1. Apresentar guias visuais padronizados e claros	Bergmann; Magalhães (2017); Bonsiepe (2011); Brendler et al. (2016); Helander (2005); Jordan (2002); Lowdermilk (2013); Nakić; Bogović (2019); Nielsen (1994); Sims et al. (2012); Story; Mueller; Mace (1998).
	2. Permitir registro visual das atividades realizadas	Bravo et al. (2018); Gill; Hayes; Parker (2016); Heymsfield et al. (2018); ISO 20685-1 (2018); Jordan (2002); Paquet; Feathers (2004); Robinette (2013); Sims et al. (2012); Tomkinson; Shaw (2013).
1.3. Requisitos ergonômicos	1. Identificar os responsáveis por cada fase e atividade	Gill; Hayes; Parker (2016); Helander (2005); Jordan (2002); Lowdermilk (2013); Nielsen (1994); Sims et al. (2012).
	2. Permitir rápido aprendizado	Brendler; Teixeira (2016); Jordan (2002); Nielsen (1994); Rubin; Chisnell (2008); Sims et al. (2012); Story; Mueller; Mace (1998); Tarabini et al. (2018).
	3. Ser eficiente e eficaz	Araújo (2014); Bravo et al. (2018); Gill; Hayes; Parker (2016); Jordan (2002); Lovato (2010); Rubin; Chisnell (2008); Rumbo-Rodríguez et al. (2021).
	4. Promover satisfação dos usuários	Araújo (2014); Bergmann; Magalhães (2017); Bonsiepe (2011); Helander (2005); Jordan (2002); Papanek; Fuller (1972); Rubin; Chisnell (2008).

FONTE: A autora (2022).

No total identificaram-se dezoito requisitos para o desenvolvimento do protocolo divididos nos três grupos temáticos, doze requisitos funcionais, dois requisitos estéticos e quatro requisitos ergonômicos.

São identificados também os requisitos dos usuários no Quadro 20. Estes estão divididos nos componentes biopsicossociais, ou seja, biológicos, psicológicos e sociais, que permeiam suas necessidades. A divisão segue o modelo proposto pela CIF (OMS, 2013) para abordagem das necessidades e características associadas aos sujeitos. Os requisitos dos usuários são compostos por onze requisitos, sete requisitos biológicos, dois psicológicos e dois sociais.

QUADRO 20 - REQUISITOS DOS USUÁRIOS DO PROTOCOLO

	Requisitos	Referências
2.1. Requisitos biológicos	1. Receber informações verbais e visuais claras	Jordan (2002); Lowdermilk (2013); Newell et al. (2011); Nielsen (1994); Rubin; Chisnell (2008).
	2. Identificar rapidamente suas atividades e responsabilidades	Bergmann; Magalhães (2017); Bonsiepe (2011); Gill; Hayes; Parker (2016); Jette (2006); OMS (2013); Papanek; Fuller (1972); Sims et al. (2012).
	3. Certeza das informações	Iida (2005); Nielsen (1994); Rubin; Chisnell (2008); Sims et al. (2012); Steinfeld; Lenker; Paquet (2002).
	4. Baixa carga cognitiva por atividade	Helander (2005); Jordan (2002); Lowdermilk (2013).
	5. Rápida aprendizagem	Brendler et al. (2016); Helander (2005); Jordan (2002); Lowdermilk (2013); Nakić; Bogović (2019); Newell et al. (2011); Nielsen (1994).
	6. Fácil compreensão das atividades	Bergmann; Magalhães (2017); Bonsiepe (2011); Iida (2005); Newell et al. (2011); Rubin; Chisnell (2008); Sims et al. (2012); Story; Mueller; Mace (1998).
	7. Fácil reprodução das atividades	Lovato (2010); Nielsen (1994); Rubin; Chisnell (2008); Rumbo-Rodríguez et al. (2021).
2.2. R. psicológicos	1. Permitir alterações de acordo com necessidades particulares	Bergmann; Magalhães (2017); Bonsiepe (2011); Jette (2006); Newell et al. (2011); OMS (2013); Papanek; Fuller (1972); Pheasant (2003); Rubin; Chisnell (2008).
	2. Ter conclusão satisfatória	Araújo (2014); Helander (2005); Rubin; Chisnell (2008).
2.3. R. sociais	1. Não opor valores dos participantes	Bergmann; Magalhães (2017); Papanek; Fuller (1972).
	2. Oferecer um ambiente apropriado para a realização das atividades	Brendler; Teixeira (2016); Gleason et al. (2018); Hobson; Molenbroek (1990); Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015); Newell et al. (2011); Sims et al. (2012) Tarabini et al. (2018).

FONTE: A autora (2022).

Por se tratarem de atividades sequenciais com múltiplos atores e responsáveis, os requisitos para o protocolo voltam-se para um desenvolvimento que seja organizado e coerente que auxilie na realização das atividades e que possa ser flexível o suficiente para englobar possíveis alterações no seu uso caso seja necessário. Os requisitos de desenvolvimento e dos usuários identificados são condições que informam o desenvolvimento do protocolo iniciado no Capítulo 5.2.1.

5.1.2 Requisitos para o desenvolvimento do dispositivo ortoposicionador

Diferentemente do protocolo que pauta todos os momentos da coleta de antropometria digital, o dispositivo ortoposicionador foi identificado como necessário

para o momento de digitalização visto que é a etapa que é mais afetada pelas particularidades do público. Os requisitos do desenvolvimento do dispositivo, Quadro 21, também são divididos em funcionais, estéticos e ergonômicos.

QUADRO 21 - REQUISITOS DE DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO

	Requisitos	Referências
3.1. Requisitos funcionais	1. Possibilitar a digitalização de todo o corpo	Bradtmiller (2000); Brendler et al. (2018); Guseva et al. (2020); Heymsfield et al. (2018); Hong et al. (2018); ISO 20685-1 (2018); Medina-Inojosa et al. (2016); Molenbroek; Mantas; Bruin (2011); Sims et al. (2012); Steinfeld et al. (2010b); Stewart et al. (2017); Thelwell et al. (2020); Wang et al. (2021); Yu; Kim (2020).
	2. Promover suporte de todos os membros	Brendler; Teixeira (2016); Brunsman; Daanen; Robinette (1997); Heymsfield et al. (2018); Hobson; Molenbroek (1990); Lowdermilk (2013); Sims et al. (2012); Fundamentação Prática.
	3. Permitir o espaçamento de todos os membros	BRENDLER; Teixeira (2016); Brunsman; Daanen; Robinette (1997); ISO 20685-1 (2018); Medina-Inojosa et al. (2016); Park e Reed (2014); Sims et al. (2012); Steinfeld et al. (2010b); Thelwell et al. (2020); Fundamentação Prática
	4. Possibilitar a adoção de diversas posturas apropriadas para o contexto	Brendler et al., (2016); Hobson; Molenbroek (1990); Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015); Nakić; Bogović (2019); Stewart et al. (2017); Thelwell et al. (2020); Wang et al. (2021); Yu; Kim (2020).
	5. Permitir a visualização dos pontos anatômicos	Brendler; Teixeira (2016); Brunsman; Daanen; Robinette (1997); Heymsfield et al. (2018); ISO 20685-1 (2018); ISO 8559-1 (2017); Scatagliini; Paul (2019); Sims et al. (2012); Steinfeld et al. (2010b); Stewart et al. (2017); Wang et al. (2021); Yu; Kim (2020).
	6. Dimensionamento suficiente para que possa ser usado pela maior parte das pessoas	Helander (2005); Iida (2005); Jordan (2002); Karwowski (2008); Lowdermilk (2013); Nielsen (1994); Pheasant (2003); Rubin; Chisnell (2008).
	7. Permitir acesso por meio de cadeira de rodas	Bergmann; Magalhães (2017); Brendler; Teixeira (2016); Gleason et al. (2018); Hobson; Molenbroek (1990); Lowdermilk (2013); Nielsen (1994); Papanek; Fuller (1972); Sims et al. (2012).
	8. Promover distância entre o chão e todas as partes do corpo para que possam ser escaneadas	Brendler; Teixeira (2016); ISO 20685-1 (2018); Robinette (2013); Scatagliini; Paul (2019); Sims et al. (2012); Stewart et al. (2017); Thelwell et al. (2020); Wang et al. (2021); Fundamentação Prática
	9. Usar materiais e tecnologias previamente validados para o fim de antropometria digital	Fundamentação Prática; Sierra et al (2020). Roodbandi et al., 2017; Bragança et al. (2017); Crytzer et al. (2016); ISO 20685-1 (2010),
	10. Ser acessível e de simples fabricação	Gleason et al. (2018); Plos et al. (2012); Sims et al., (2012); Tarabini et al. (2018); Vitali; Rizzi, (2018).
	11. Ser escalonável para situações específicas	Bradtmiller (2000); Bradtmiller; Annis (1997); Iida (2005); Karwowski (2008); Paquet; Feathers (2004).
3.2. Requisitos estéticos	1. Oferecer guias visuais de posicionamento	Brendler; Teixeira (2016); Hobson; Molenbroek (1990); ISO 20685-1 (2018); Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015); Medina-Inojosa et al. (2016); Nakić; Bogović (2019); Sims et al. (2012); Steinfeld et al. (2010b); Story; Mueller; Mace (1998)
	2. Permitir e visibilizar alterações durante o uso	Bergmann; Magalhães (2017); Bonsiepe (2011); Brendler et al. (2016); Hobson; Molenbroek (1990); Papanek; Fuller (1972); Pheasant (2003); Sims et al. (2012); Story; Mueller; Mace (1998);
	3. Planejar a relação entre as posturas adotadas e os usos correntes da antropometria digital	Bravo et al. (2018); Brendler; Teixeira (2016); Brunsman; Daanen; Robinette (1997); ISO 20685-1 (2018); Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015); Nakić; Bogović (2019); Sims et al. (2012); Steinfeld et al. (2010b); Thelwell et al. (2020); Wang et al. (2021).
3.3. Requisitos ergonômicos	1. Fornecer guia para uso correto do dispositivo	Helander (2005); Jordan (2002); Karwowski (2008); Lowdermilk (2013); Nielsen (1994); Pheasant (2003); Rubin; Chisnell (2008); Sims et al. (2012);
	2. Permitir fixação da pessoa ao dispositivo	Araújo (2014); Brendler; Teixeira (2016); Heymsfield et al. (2018); Hobson; Molenbroek (1990); Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015); Nakić; Bogović (2019); Park; Reed (2014); Sims et al. (2012).
	3. Ser estável	Karwowski (2008); Park; Reed (2014).
	4. Permitir a padronização das posturas	Bravo et al. (2018); Hobson; Molenbroek (1990); Iida (2005); ISO 20685-1 (2018); Kaklanis; Stavropoulos e Tzovaras (2015); Pheasant (2003); Sims et al. (2012).

Continua

Continuação

	Requisitos	Referências
3.3. Requisitos ergonômicos	5. Permitir a adoção de diferentes posturas	Bogović et al. (2019); Brendler et al. (2016); Heymsfield et al. (2018); Hobson; Molenbroek (1990); ISO 20685-1 (2018); Klepser et al. (2020); Kozar et al. (2014); Medina-Inojosa et al. (2016).
	6. Facilitar a adoção de posturas e do seu posicionamento	Brendler; Teixeira (2016); Brunsman; Daanen; Robinette (1997); Helander (2005); Hobson; Molenbroek (1990); ISO 20685-1 (2018); Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015); Lowdermilk (2013).
	7. Não exigir mantimento de força muscular	Brendler; Teixeira (2016); Heymsfield et al. (2018); Hobson; Molenbroek (1990); Karwowski (2008); Story; Mueller; Mace (1998).
	8. Ser transportável	Brendler; Teixeira (2016); Gleason et al. (2018); Tarabini et al. (2018).
	9. Permitir rápida compreensão de uso	Bonsiepe (2011); Helander (2005); Jordan (2002); Lowdermilk (2013); Nielsen (1994); Papanek; Fuller (1972); Rubin; Chisnell (2008); Rumbo-Rodríguez et al. (2021); Steinfeld; Lenker; Paquet (2002).
	10. Ser eficiente e eficaz	Helander (2005); Jordan (2002); Lowdermilk (2013); Nielsen (1994); Sims et al. (2012).
	11. Promover satisfação	Araújo (2014); Helander (2005); Jordan (2002); Rubin; Chisnell (2008).

FONTE: A autora (2022).

Identificaram-se 25 requisitos de desenvolvimento do dispositivo, onze requisitos funcionais, três estéticos e onze ergonômicos. A maior parte dos requisitos diz respeito à necessidade de acesso com o escâner para a visualização dos pontos anatômicos, para a qual sugere-se o uso de materiais transparentes; de suporte e fixação de todo o corpo; a possibilidade de adotar múltiplas posições; e a acessibilidade do equipamento. Além dos requisitos do dispositivo, os usuários também possuem requisitos que influenciam na sua capacidade de uso, Quadro 22.

QUADRO 22 - REQUISITOS DOS USUÁRIOS DO DISPOSITIVO

	Requisitos	Referências
4.1. Requisitos biológicos	1. Fácil compreensão das posturas	Brendler et al., (2016); Hobson; Molenbroek (1990); Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015); Nakić; Bogović (2019); Nielsen (1994); Rubin; Chisnell (2008); Sims et al. (2012).
	2. Fácil compreensão das atividades	Nielsen (1994); Pheasant (2003); Rubin; Chisnell (2008); Sims et al. (2012).
	3. Fácil transferência para o dispositivo	Araújo (2014); Brendler et al. (2016); Gleason et al. (2018); Helander (2005); Hobson; Molenbroek (1990); Jordan (2002); Pheasant (2003); Plos et al. (2012); Sims et al. (2012); Tarabini et al. (2018).
	4. Fácil reprodução das posturas	Araújo (2014); Bogović et al. (2019); Helander (2005); Heymsfield et al. (2018); Iida (2005); Jordan (2002); Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015); Klepser et al. (2020); Rubin; Chisnell (2008); Sims et al. (2012).
4.2. Requisitos psicológicos	1. Permitir divergência no uso para cada caso	Heymsfield et al. (2018); Hobson; Molenbroek (1990); Newell et al. (2011); Pheasant (2003); Rubin; Chisnell (2008); Sims et al. (2012); Steinfeld, Lenker e Paquet (2002); Story; Mueller; Mace (1998);
	2. Permitir adoção de posições não planejadas	Brendler et al. (2016); Heymsfield et al. (2018); Hobson; Molenbroek (1990); Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015); Nielsen (1994); Sims et al. (2012); Steinfeld; Lenker; Paquet (2002); Story; Mueller; Mace (1998).
	3. Fácil memorização das posturas	Brendler et al., (2016); Nakić; Bogović (2019); Nielsen (1994); Rubin; Chisnell (2008).
	4. Memorização das atividades	Nielsen (1994); Rubin; Chisnell (2008).
	5. Induzir sensação de estabilidade	Brendler; Teixeira (2016); Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015); Sims et al. (2012).
	6. Induzir sensação de segurança	Araújo (2014); Bergmann; Magalhães (2017); Bonsiepe (2011); Helander (2005); Jordan (2002); Papanek; Fuller (1972); Rubin; Chisnell (2008).
	7. Minimizar o desconforto	Araújo (2014); Helander (2005); Jordan (2002); Karwowski (2008); Rubin; Chisnell (2008).

Continua

	<i>Requisitos</i>	<i>Referências</i>
4.3. Requisitos sociais	1. Permitir contato com o dispositivo antes do escaneamento	Hobson; Molenbroek (1990); Kaklanis; Stavropoulos; Tzovaras (2015); Newell et al. (2011); Pheasant (2003); Rubin; Chisnell (2008); Sims et al. (2012).
	2. Permitir assistência e acompanhamento	Araújo (2014); Hobson; Molenbroek (1990); Lowdermilk (2013); Persson et al. (2015).
	3. Poder comunicar-se durante o escaneamento	Bergmann; Magalhães (2017); Bonsiepe (2011); Newell et al. (2011); Papanek; Fuller (1972); Pheasant (2003); Rubin; Chisnell (2008).

FONTE: A autora (2022).

Os requisitos dos usuários, em número de catorze, estão principalmente voltados para os participantes que estarão posicionados no dispositivo e no geral envolvem as questões de utilidade do dispositivo e da realização das atividades e posições necessárias para o escaneamento. No entanto, alguns deles também incluem os demais participantes como por exemplo o requisito 4.2.3, Quadro 22, referente à memorização das posturas, que é feito por todos de modo que possam auxiliar o participante no posicionamento. Os requisitos do dispositivo e dos seus usuários são usados como base para o seu desenvolvimento no Capítulo 5.2.2.

5.1.3 Requisitos para a avaliação do sistema

A partir da análise das lacunas e dificuldades dos protocolos e da ISO 20685-1 (2018) frente ao público com deficiência identificou-se a necessidade de um modo de verificar se o sistema obteve êxito, ou seja, foi capaz de viabilizar a realização da antropometria digital do público especificado (PETRAK; NAGLIC, 2017; BRENDLER et al., 2016; GILL; HAYES; PARKER, 2016; BROGIN; OKIMOTO; HEEMANN, 2015; SIMS et al., 2012; PAQUET; FEATHERS, 2004; BRADTMILLER, 2000; HOBSON; MOLENBROEK, 1990). Observa-se que a avaliação do sistema é composta por três requisitos balizadores: 1. Capacidade de participação da pessoa com deficiência motora no sistema, relacionada com a sua capacidade de atingir as posições requeridas e manter-se estática com auxílio do dispositivo; 2. O êxito do escaneamento, ou seja, a capacidade usar o protocolo para realizar a digitalização, obter uma malha e avaliar a sua qualidade decidindo pela sua utilização na sequência; e 3. A capacidade de utilização da malha obtida para a antropometria digital e desenvolvimento de produtos ajustados ao corpo a partir das morfologias retiradas dela. Esses são traduzidos em questões a avaliação do sistema, Quadro 23.

QUADRO 23 - QUESTÕES PARA AVALIAÇÃO DO SISTEMA

	Questões	Parâmetro de avaliação
Capacidade de participação	O participante consegue ser escaneado?	Conseguir ser escaneado
	A alteração feita para o participante conseguir ser escaneado estava prevista pelo sistema?	Alterações previstas (faixas, apoios e suportes)
	O motivo pelo qual o participante não conseguiu ser escaneado estava previsto?	Razões previstas (movimentação incontrolável, tamanho do participante, ...)
	O participante conseguiu atingir as posições requeridas?	Conseguir atingir as posições
	As posições foram suficientes para a necessidade da coleta?	Posições suficientes
	Se não foi possível atingir as posições padronizadas, a posição alternativa digitalizada foi possível de ser utilizada?	Posições alternativa poder ser utilizada
	O participante estava confortável?	Participante confortável
	Houve desistência durante o escaneamento?	Não haver desistência
Êxito do escaneamento	Houve confusão no momento de digitalização, por parte dos operadores ou participantes?	Não haver confusão
	O escaneamento gerou malha 3D?	Gerar malha 3D
	Foram gerados erros na malha? Quais? (calibração, costura, aberturas, objetos estranhos, movimentação, limitações do equipamento, saliências, fusões, etc.)	Quantidade e tipo de erros gerados
	Os erros gerados na malha puderam ser corrigidos?	Capacidade de correção
	Houve necessidade de refazer o escaneamento?	Não haver necessidade
	A nova malha gerada está adequada para uso?	Adequação da malha
Utilização da malha	A malha gerada pode ser utilizada para obtenção de medidas?	A malha pode ser utilizada
	A malha pode ser usada para desenvolvimento do produto?	A malha pode ser utilizada
	Foi possível gerar um resultado tangível para entrega ao participante/avaliação do profissional da saúde?	Geração de resultado tangível
	A malha pode ser arquivada?	Arquivamento da malha
	A malha pode ser reutilizada?	Disponibilização da malha

FONTE: A autora (2022).

Para que o sistema seja considerado satisfatório todas ou a maior parte dessas questões devem ter respostas coincidentes com seu parâmetro de avaliação. Ainda, a partir das questões respondidas, podem ser realizadas alterações ao sistema para que incorpore características que foram apontadas como faltantes ou falhas.

5.1.4 Considerações dos requisitos para o desenvolvimento do sistema de viabilização da antropometria digital de pessoas com deficiência motora

Entende-se que os requisitos aqui apresentados são fundamentais para o êxito do sistema de coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora. Por serem retirados da Fundamentação Teórica e da Fase de Exploração, há uma

rastreabilidade para essas necessidades traduzidas em requisitos, que englobam tanto elementos relacionados diretamente com as dificuldades e necessidades para a solução do problema, quanto questões relativas ao design de artefatos.

Ainda, por se tratar de um sistema, composto por componentes tangíveis e intangíveis, manifestam-se essas diferenças nos conjuntos de requisitos que são distintos. Mesmo assim, este é um sistema e, para tanto, deve-se considerar a interoperabilidade entre os conjuntos de requisitos assim como de suas materializações nos artefatos a serem desenvolvidos a partir desses requisitos.

Cabe ainda ressaltar que na sequência, esses requisitos são utilizados para o desenvolvimento de uma solução de projeto possível que atinja as necessidades dos usuários. No entanto, esta é apenas uma das soluções possíveis. As necessidades aqui relatadas podem ser solucionadas de outras maneiras, de acordo com as circunstâncias de desenvolvimento, evolução tecnológica e escolhas subjetivas feitas de acordo com as necessidades e capacidades de cada projeto.

5.2 PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Neste item é desenvolvida a primeira versão do sistema de antropometria digital para pessoas com deficiência motora proposto. Ele é sistematizado em um protocolo, auxiliado por um dispositivo ortoposicionador e ferramentas de planejamento e avaliação, no qual atores interagem para realizar a antropometria digital de pessoas com deficiência motora. Em posse da primeira versão do sistema, no próximo capítulo ela é avaliada e alterada consecutivamente até a obtenção de uma versão final.

5.2.1 Desenvolvimento do protocolo

O protocolo considera a coleta de antropometria digital estática de pessoas com deficiência motora, usuárias de cadeira de rodas, para a captura da morfologia do corpo inteiro e dimensões corporais para o desenvolvimento de produtos adaptados, principalmente de assentos adaptados, órteses de tronco e vestuários. Ele é a organização dos passos necessários para a realização da antropometria digital do público e aplicação da malha escaneada no design de produtos adaptados. Tem como base teórica os procedimentos já definidos como parte da antropometria digital tradicional bem como o preenchimento das lacunas identificadas na fundamentação

teórica. Sendo uma das lacunas a própria necessidade de um protocolo que comporte diferentes necessidades do público de pessoas com deficiência motora.

Foram identificados três grupos de usuários do protocolo: as pessoas com deficiência motora beneficiadas, os profissionais pesquisadores responsáveis pela realização dos procedimentos associados com a antropometria digital, a digitalização 3D, tratamento dos dados e design de produto, e os profissionais da área da saúde que identificam a necessidade, auxiliam o processo e avaliam o resultado. O profissional pesquisador e o da saúde podem ser a mesma pessoa com múltiplas responsabilidades ou diversas pessoas com responsabilidades específicas. Para o profissional pesquisador responsável considera-se aquele que já é familiarizado e que teve treinamento no processo de digitalização, de tratamento da malha escaneada e de design de produto adaptado. Para o profissional da área da saúde, este deve ser familiarizado com a pessoa com deficiência, ou com a sua deficiência, de modo que possa opinar e auxiliar no processo de realização da antropometria digital.

Para a construção do protocolo inicialmente mapearam-se as principais etapas a serem realizadas que envolvem: identificação de necessidades, planejamento do processo, digitalização, processamento dos dados, aplicação dos dados coletados e avaliação do processo (requisito 1.1.2 - Quadro 19), Figura 33.

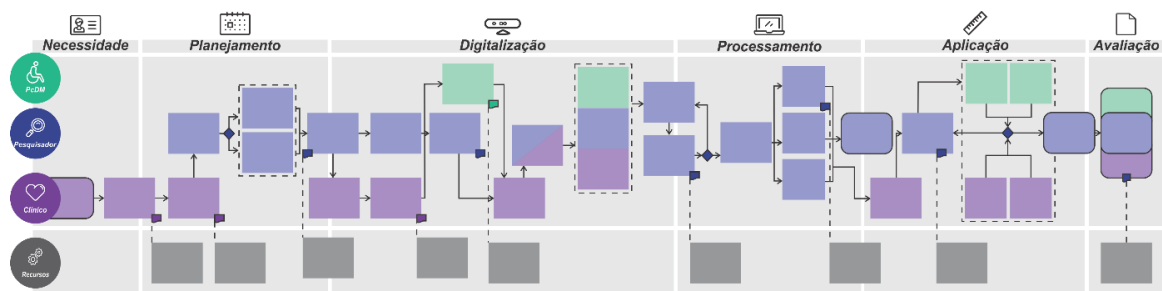
FIGURA 33 - ETAPAS DO PROTOCOLO



FONTE: A autora (2022).

Em seguida mapearam-se quais atividades seriam realizadas em cada etapa, quem seriam os responsáveis (requisito 1.3.1 - Quadro 19), o fluxo de informações provenientes dessas atividades e as ferramentas de apoio necessárias para a realização de cada uma das atividades, Figura 34, (requisito 1.1.5 - Quadro 19). Na ordenação visual do protocolo as PcDM, são indicados em verde, os pesquisadores de antropometria digital e designers são indicados em azul e os profissionais da área da saúde, são apresentados em roxo (requisito 2.1.2 - Quadro 20); as ferramentas são indicadas em cinza (requisito 1.1.7 - Quadro 19). Para a identificação do fluxo das atividades (requisito 1.3.2 - Quadro 19) utilizaram-se marcadores de fluxograma. As cores dos quadros identificam os responsáveis pela realização da tarefa.

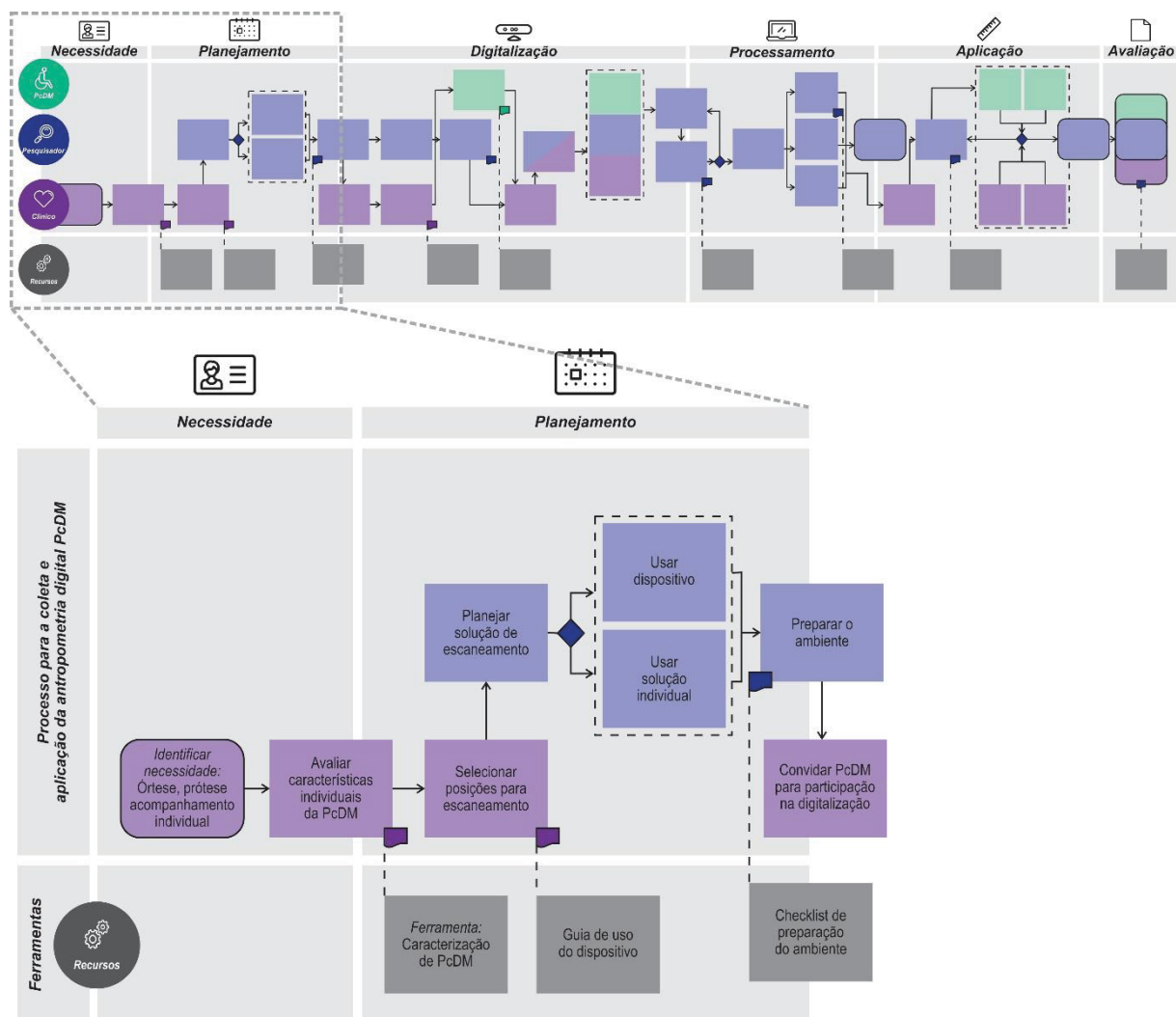
FIGURA 34 - VISÃO GERAL DOS RECURSOS E FLUXO DE INFORMAÇÃO



FONTE: A autora (2022).

O protocolo dividido em etapas é apresentado nas Figuras 35 a 38 (requisito 1.2.1 - Quadro 19). Para aprimorar a visualização, nessas figuras está apresentado o fluxo completo e ampliada a etapa descrita. A primeira e segunda etapas, Figura 35, Necessidade e Planejamento são apresentadas juntas.

FIGURA 35 - VISTA AMPLIADA DAS ETAPAS DE NECESSIDADE E PLANEJAMENTO



FONTE: A autora (2022).

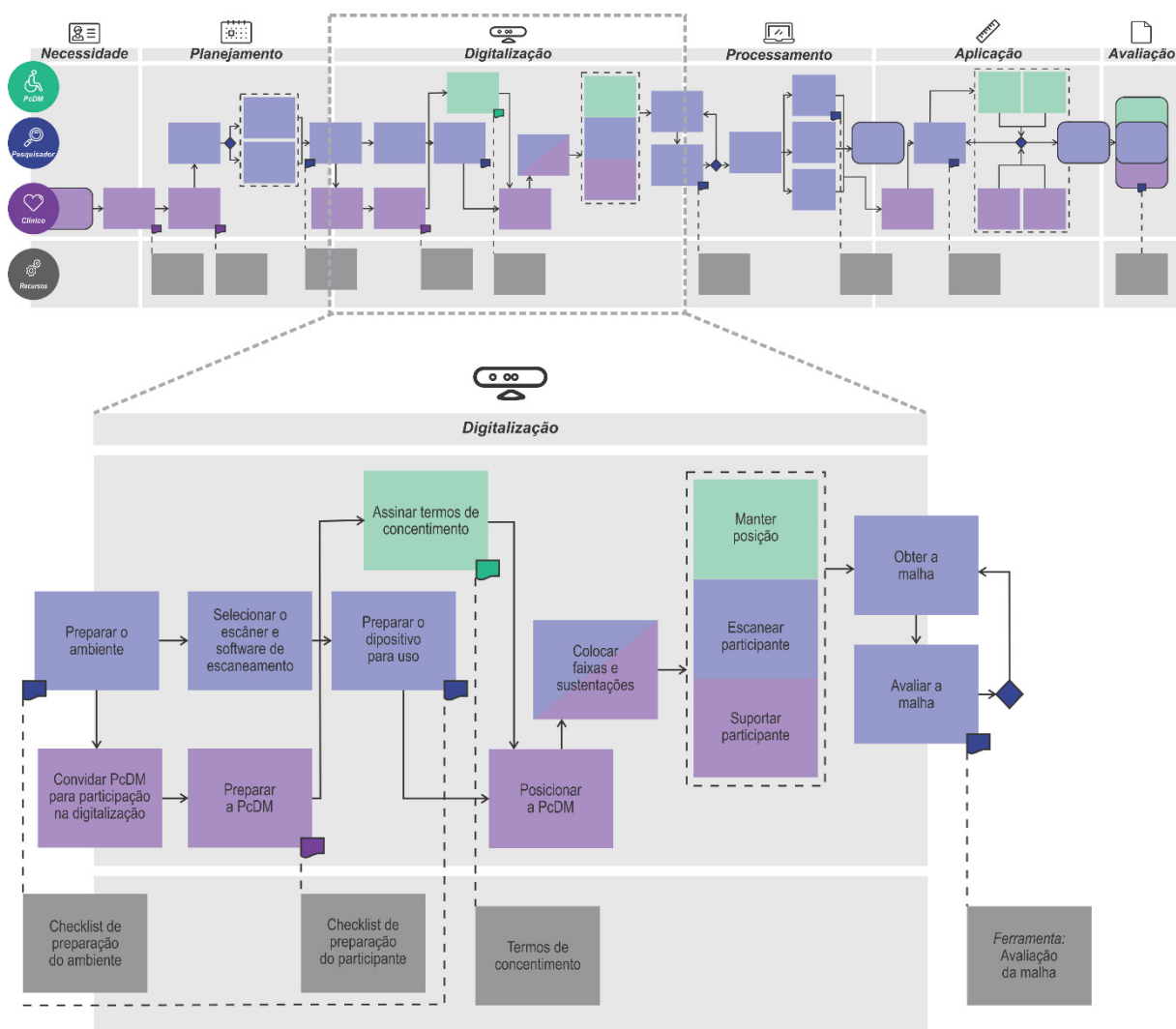
Na primeira etapa é identificada a necessidade de produto adaptado para PcDM, que inicia o processo. Em seguida são avaliadas as suas características para que possa ser adequadamente incluído no processo (requisito 1.1.1 - Quadro 19). Para a identificação dessas características é proposta uma ferramenta de classificação da pessoa com deficiência motora, onde são apontadas as necessidades particulares de cada participante (requisitos 1.1.3 e 1.1.8 - Quadro 19). Essa ferramenta é criada com base na CIF (OMS, 2013) e é detalhada no Capítulo 5.2.1.1. Todas as ferramentas têm instrução de uso e seguem o requisito 1.1.6 (Quadro 19).

Em posse dos resultados da classificação, na etapa de Planejamento é feita a proposta de solução de escaneamento. Esta envolve a seleção das posições para escaneamento, baseadas nas características e necessidades individuais, e também a determinação do uso do dispositivo ortoposicionador para digitalização ou de outra solução (requisitos 1.1.12 - Quadro 19 e 2.2.1 - Quadro 20). Esse é o primeiro momento em que há a interoperabilidade entre o protocolo e o dispositivo, e para tanto é inserido um guia de uso do dispositivo (requisito 3.3.1 - Quadro 21) onde são apresentadas as possíveis posturas planejadas, suportes disponíveis e outras instruções de uso do dispositivo. Esse guia foi desenvolvido no Capítulo 5.2.2.4.

A etapa de Digitalização, Figura 36, possui duas particularidades, a primeira é a interação com o dispositivo, e a segunda a identificação de ambiente com pré-requisitos para realização da digitalização. A etapa se inicia com a preparação do ambiente para o escaneamento (requisito 2.3.2 - Quadro 20) onde são instalados os componentes necessários para a digitalização como computadores, o dispositivo, iluminação, provimento de espaço adequado e verificação de acesso ao participante. Essa preparação é auxiliada pelo checklist de preparação do ambiente determinado no Capítulo 5.2.1.2. Em seguida à preparação do ambiente também são selecionados os escâneres e softwares de captura que serão utilizados. Cabe destacar que o protocolo não é dependente de um escâner específico e sim pode-se selecionar aquele de acesso ao pesquisador desde que seja validado para antropometria digital.

Ao mesmo tempo é feito o convite da PcDM para participação no escaneamento. Caso haja anuência, o participante é preparado com o auxílio do checklist de preparação do participante, determinado no Capítulo 5.2.1.2. E são assinados termos de consentimento ao escaneamento. Os termos precisam ser preenchidos com os dados do estudo e impressos e assinados e podem ser verificados no Apêndice C, juntamente com a primeira versão de avaliação do sistema.

FIGURA 36 - VISTA AMPLIADA DA ETAPA DE DIGITALIZAÇÃO



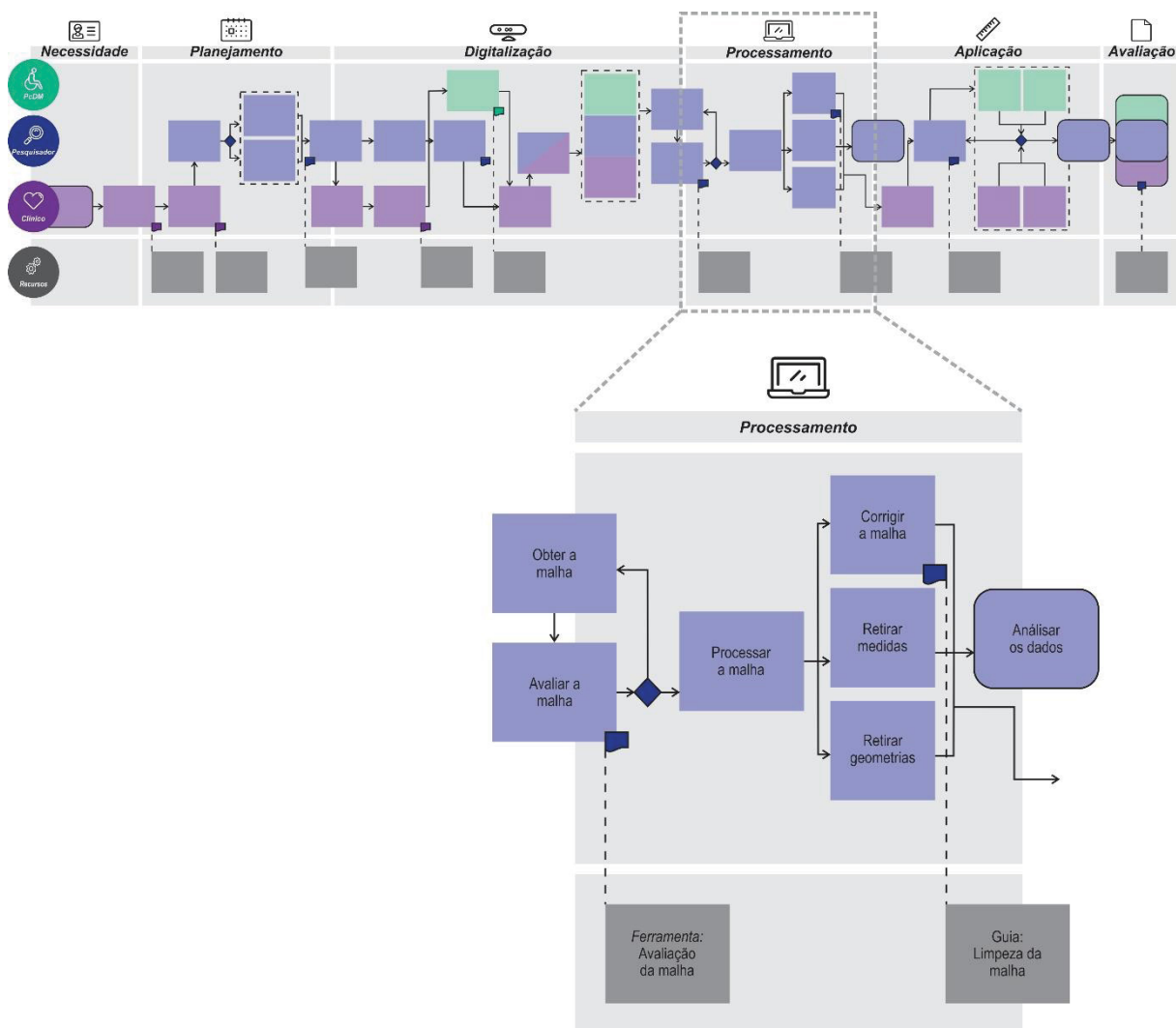
FONTE: A autora (2022).

Nessa etapa ainda é feita a troca de roupas e o posicionamento do participante para a digitalização. Esse posicionamento é feito com o suporte do dispositivo ortoposicionador, ou outra solução, e fixado a partir de suportes e faixas de segurança, caso necessário. Esses suportes são disponibilizados e apresentados no guia de uso do dispositivo. Com o participante posicionado, preparado e com as roupas adequadas, é feito o seu escaneamento na presença do profissional da área da saúde com o escâner e software previamente selecionados.

Feito o escaneamento é obtida a malha que é avaliada, utilizando a Ferramenta de avaliação da qualidade da malha, apresentada no Capítulo 5.2.1.3. A avaliação da malha é compartilhada pelas fases de Digitalização e de Processamento visto que, caso esteja adequada, a malha pode ser processada, caso precise ser coletada novamente, é preciso retornar para a etapa de Digitalização, repetindo a atividade.

Em seguida, a fase de Processamento, Figura 37, é realizada inteiramente pelos pesquisadores. Esta consiste em uma etapa técnica de tratamento da malha. Após a obtenção e avaliação da malha com a ferramenta de avaliação da malha do Capítulo 5.2.1.3, e ela ser considerada satisfatória, é feito o seu processamento que consiste na sua correção em um software de tratamento assim como apresentado no guia desenvolvido no Capítulo 5.2.1.4. Em seguida, são obtidas as dimensões e morfologias para análise e utilização no desenvolvimento do produto.

FIGURA 37 - VISTA AMPLIADA DA ETAPA DE PROCESSAMENTO



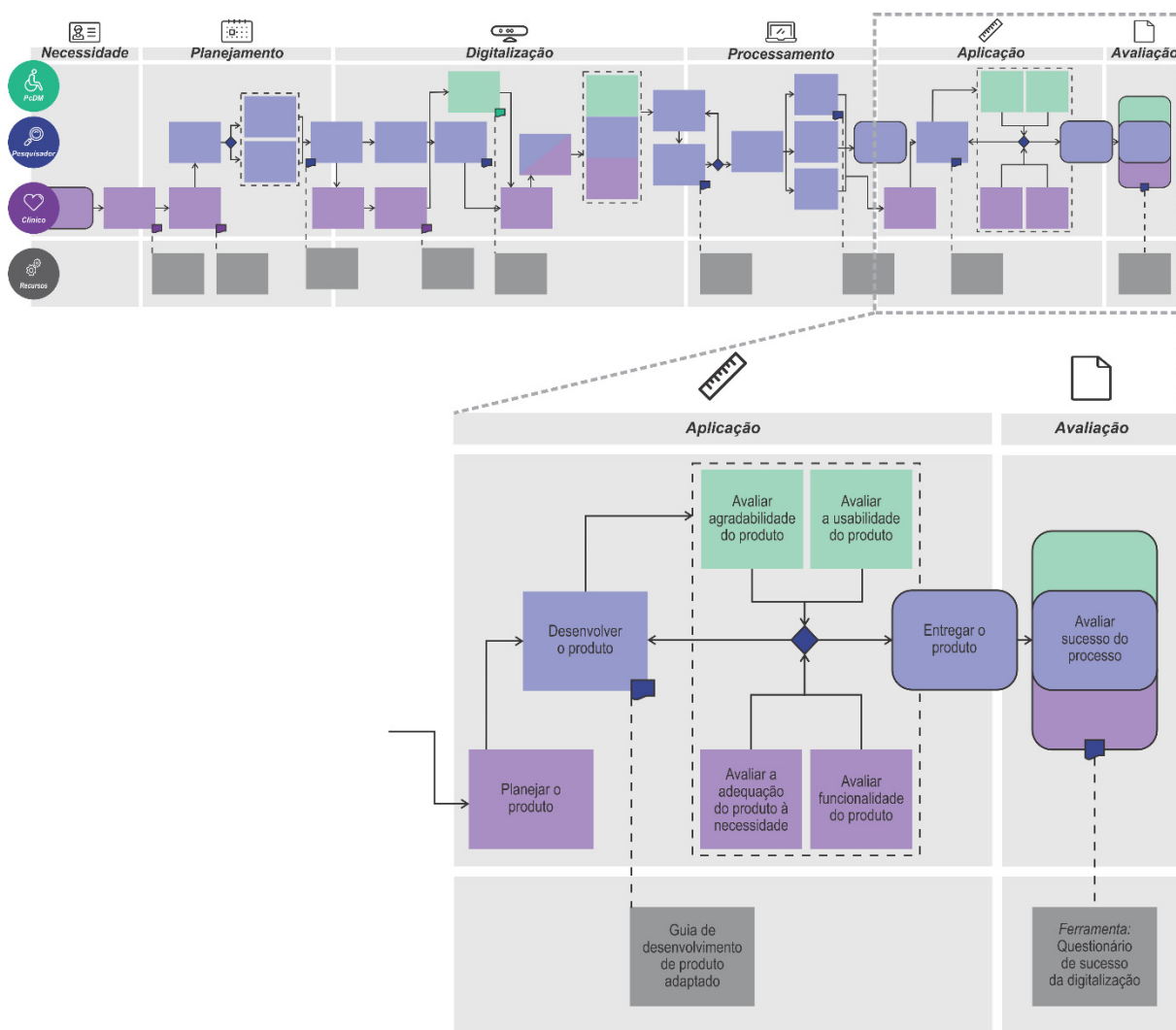
FONTE: A autora (2022).

Essas informações coletadas são analisadas e finalizam o processo de antropometria digital. O protocolo pode ser finalizado neste momento (requisito 1.1.4 - Quadro 19). No entanto, neste protocolo, em continuidade, a antropometria digital

pode ser utilizada para o desenvolvimento de produtos ajustados ao corpo e dimensionalmente acurados, então é continuado com a etapa de Aplicação.

O início da etapa de Aplicação, Figura 38, consiste no planejamento do produto. Para o desenvolvimento do produto pode-se utilizar o guia básico de transformação das geometrias coletadas em produtos ajustados ao corpo, apresentado no Capítulo 5.2.1.4, ou outros métodos de desenvolvimento de produto.

FIGURA 38 - VISTA AMPLIADA DAS ETAPAS DE APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO



FONTE: A Autora (2022).

Seja qual for o método de desenvolvimento, esse produto desenvolvido é avaliado pela pessoa com deficiência motora, por sua agradabilidade e usabilidade e pelo clínico que identificou a necessidade primária do produto em termos de adequabilidade à necessidade e funcionalidade (requisitos 1.3.4 - Quadro 19 e 2.2.2 - Quadro 20). Essas avaliações são realizadas durante a prova do produto pela PcDM

em presença do clínico. Caso haja concordância das duas partes (clínico e PcDM) o produto é entregue. Caso não haja, retorna-se à atividade de desenvolvimento.

Ao final deste processo, é feita a etapa de Avaliação, com questionário de avaliação do processo que envolve todos os participantes, encontrado no Capítulo 5.1.3, e com esta etapa são finalizados o protocolo e o processo de coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora.

Em seguida são apresentadas as ferramentas complementares identificadas neste item. A representação visual do protocolo e as ferramentas complementares impressas compreendem a primeira versão do protocolo que é avaliada no Capítulo 6, e pode ser verificada no Apêndice C. O preenchimento e registro das atividades (requisito 1.2.2 - Quadro 19) é feito no próprio arquivo impresso que contém o protocolo e as instruções das ferramentas. Por se tratar de um documento impresso, ele é facilmente transportável (requisito 1.1.9 - Quadro 19), reproduzível (requisito 1.1.10 - Quadro 19) e acessível (requisito 1.1.11 - Quadro 19).

5.2.1.1 Ferramenta de classificação da PcDM para escaneamento

O propósito dessa ferramenta é identificar necessidades particulares das pessoas com deficiência para a coleta de antropometria digital, bem como possíveis alterações e adições a serem feitas ao sistema dependendo da necessidade identificada, como por exemplo, a seleção de uma posição ou momento apropriado para a digitalização. Como base para essa ferramenta selecionou-se a CIF, que realiza a classificação das pessoas por meio de métricas que determinam as suas capacidades funcionais individuais independentemente da sua deficiência particular (OMS, 2013). Do Checklist da CIF (2003), que é uma versão que apresenta os principais códigos do sistema de classificação, selecionaram-se apenas os códigos que influenciam na capacidade de posicionamento, controle de movimentação dos membros e capacidade de permanência da posição do participante.

A ferramenta funciona da seguinte maneira: Inicialmente são apresentados os qualificadores, Quadro 24, que devem ser utilizados para preenchimento do Quadro 25. Os qualificadores determinam o quão afetada é a pessoa por cada um dos elementos listados e completam o código de classificação. Para cada caso são requeridos um ou dois qualificadores. Para os fatores ambientais, ainda é necessário indicar se o elemento é uma barreira ou facilitador com a adição de símbolo “+”.

QUADRO 24 - QUALIFICADORES PARA CLASSIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE

Qualificador	Descrição do qualificador	
Extensão da deficiência e Extensão da dificuldade (Desempenho Restrição à Participação e Capacidade Limitação de Atividade)	0 Nenhuma deficiência/dificuldade significa que a pessoa não tem problema	
	1 Deficiência/dificuldade leve significa um problema que está presente menos que 25% do tempo, com uma intensidade que a pessoa pode tolerar e que ocorre raramente nos últimos 30 dias.	
	2 Deficiência/dificuldade moderada significa um problema que está presente em menos que 50% do tempo, com uma intensidade que interfere na vida diária da pessoa e que ocorre ocasionalmente nos últimos 30 dias	
	3 Deficiência/dificuldade grave significa um problema que está presente em mais que 50% do tempo, com uma intensidade que prejudica/rompe parcialmente a vida diária da pessoa e que ocorre frequentemente nos últimos 30 dias.	
	4 Deficiência/dificuldade completa significa um problema que está presente em mais que 95% do tempo, com uma intensidade que prejudica/rompe totalmente a vida diária da pessoa e que ocorre todos os dias nos últimos 30 dias.	
	8 Não especificado significa que a informação é insuficiente para especificar a gravidade da deficiência.	
	9 Não aplicável significa que é inapropriado aplicar um código particular	
	0 Nenhuma mudança na estrutura	
	1 Ausência total	
Natureza da alteração	2 Ausência parcial	
	3 Parte adicional	
	4 Dimensões anormais	
	5 Descontinuidade	
	6 Posição desviada	
	7 Mudanças qualitativas na estrutura, incluindo acúmulo de líquido	
	8 Não especificada	
	9 Não aplicável	
Qualificador no ambiente Barreiras ou facilitadores	0 NENHUMA barreira	0 NENHUM facilitador
	1 Barreira LEVE	+1 Facilitador LEVE
	2 Barreira MODERADA	+2 Facilitador MODERADO
	3 Barreira GRAVE	+3 Facilitador CONSIDERÁVEL
	4 Barreira COMPLETA	+4 Facilitador COMPLETO

FONTE: Adaptado de OMS (2013, p. 2 a 4 e 6).

Para a ferramenta, são considerados como fatores a serem aprofundados os elementos que são qualificados com notas diferentes de zero, pois o zero para todos os casos representa nenhuma deficiência, nenhuma dificuldade e nenhuma barreira. Para os casos onde há indicações divergentes de zero, no Quadro 26 são apresentadas recomendações para aquela necessidade particular.

Deste modo, a ferramenta é composta ao total por 3 quadros, Quadro 24 - Qualificadores para a classificação do participante, Quadro 25 - Classificação CIF do participante e Quadro 26 - Recomendações de alteração do sistema de acordo com as necessidades particulares do participante. Esses quadros são disponibilizados juntamente com o protocolo para serem preenchidos para cada participante. O Quadro 25, é preenchido com os qualificadores detalhados no Quadro 24.

QUADRO 25 - CLASSIFICAÇÃO CIF DO PARTICIPANTE

Códigos CIF	Preencher com Qualificador	
PARTE 1a: DEFICIÊNCIAS DAS FUNÇÕES DO CORPO	Extensão da deficiência	
b1. FUNÇÕES MENTAIS		
b110 Consciência		
b114 Orientação (<i>tempo, lugar, pessoa</i>)		
b117 Funções intelectuais (<i>inclui retardo mental, demência</i>)		
b130 Funções da energia e de impulsos		
b134 Sono		
b140 Atenção		
b144 Memória		
b152 Funções emocionais		
b156 Funções da percepção		
b164 Funções cognitivas superiores		
b167 Funções mentais da linguagem		
b2. FUNÇÕES SENSORIAIS E DOR		
b210 Visão		
b230 Audição		
b235 Vestibular (<i>inclui funções de equilíbrio</i>)		
b280 Dor		
b4. FUNÇÕES DOS SISTEMAS CARDIOVASCULAR, HEMATOLOGICO, IMUNOLÓGICO E RESPIRATÓRIO		
b435 Funções do sistema imunológico (<i>alergias, hipersensibilidade</i>)		
b440 Funções do sistema respiratório (<i>respiração</i>)		
b7. FUNÇÕES NEUROMUSCULOESQUELÉTICAS E RELACIONADAS AO MOVIMENTO		
b710 Mobilidade das articulações		
b730 Força muscular		
b735 Tônus muscular		
b765 Movimentos involuntários		
PARTE 1b: DEFICIÊNCIAS DAS ESTRUTURAS DO CORPO	Extensão da deficiência	Natureza da alteração
s7. ESTRUTURAS RELACIONADAS AO MOVIMENTO		
s710 Região de cabeça e pescoço		
s720 Região de ombro		
s730 Extremidade superior (<i>braço, mão</i>)		
s740 Pelve		
s750 Extremidade inferior (<i>perna, pé</i>)		
s760 Tronco		
PARTE 2: LIMITAÇÕES DE ATIVIDADES E RESTRIÇÃO À PARTICIPAÇÃO	Desempenho Restrição à Participação	Capacidade Limitação de Atividade
d2. TAREFAS E DEMANDAS GERAIS		
d210 Realizar uma única tarefa		
d4. MOBILIDADE		
d440 Uso fino das mãos (<i>pegar, segurar</i>)		
d450 Andar		
d465 Deslocar-se utilizando algum tipo de equipamento		
PARTE 3: FATORES AMBIENTAIS	Qualificador no ambiente	
e1. PRODUTOS E TECNOLOGIA		
e110 Produtos ou substâncias para consumo pessoal (<i>comida, remédios</i>)		
e115 Produtos e tecnologia para uso pessoal na vida diária		
e120 Produtos e tecnologia para mobilidade e transporte pessoal em ambientes internos e externos		
e125 Produtos e tecnologia para comunicação		

FONTE: Adaptado de OMS (2013).

Em seguida à classificação das necessidades individuais, deve-se verificar quais das classificações divergiram de 0 (zero) e consultar as recomendações de alteração bem como considerar essas necessidades nos momentos de montagem do sistema e do ambiente de escaneamento, Quadro 26.

QUADRO 26 - RECOMENDAÇÕES DE ALTERAÇÃO DO SISTEMA

Códigos CIF	Recomendações
PARTE 1a: DEFICIÊNCIAS DAS FUNÇÕES DO CORPO	
b1. FUNÇÕES MENTAIS	
b110 Consciência	1 e 2 - Realizar a digitalização com o participante consciente. 3 e 4 - Requerer consentimento do cuidador para escaneamento.
b114 Orientação (<i>tempo, lugar, pessoa</i>)	1 e 2 - Realizar a digitalização com o participante em momentos em que está orientado. 3 e 4 - Manter o participante calmo e requerer consentimento do cuidador para escaneamento.
b117 Funções intelectuais (<i>inclui retardo mental, demência</i>)	1 e 2 - Requerer consentimento do participante e identificar compreensão das atividades. 3 e 4 - Requerer consentimento do participante, e se presente do cuidador e identificar compreensão das atividades.
b130 Funções da energia e de impulsos	1 e 2 - Realizar a digitalização com participante em momentos em que está com energia. 3 e 4 - Requerer consentimento do participante, e se presente do cuidador e fornecer suportes para o participante.
b134 Sono	1 e 2 - Realizar a digitalização com participante em momentos em que está acordado. 3 e 4 - Requerer consentimento do participante, e se presente do cuidador e fornecer suportes para o participante.
b140 Atenção	1 e 2 - Realizar a digitalização com o participante em momentos em que está atento. 3 e 4 - Manter o participante calmo e imóvel durante o escaneamento e requerer consentimento do participante ou do cuidador para escaneamento.
b144 Memória	1 a 4 - Reforçar a compreensão das atividades, oferecer guias visuais e repetir os comandos quantas vezes se fizer necessário.
b152 Funções emocionais	1 e 2 - Realizar a digitalização com participante em momentos em que está calmo. 3 e 4 - Não realizar escaneamento em momentos de crise.
b156 Funções da percepção	1 a 4 - Permitir acesso ao ambiente, dispositivos e equipamentos para aclimação do participante antes do escaneamento. Verificar quais fatores do ambiente, e dispositivo são potenciais geradores de dificuldade. Caso a dificuldade seja visual fornecer lentes escuras, caso seja auditiva, fones de ouvido, caso seja sensorial alterar a temperatura do ambiente para que esteja agradável ao usuário, etc. 4 - Não realizar escaneamento caso os fatores sensoriais sejam incontornáveis.
b164 Funções cognitivas superiores	1 e 2 - Requerer consentimento do participante e identificar compreensão das atividades. 3 e 4 - Requerer consentimento do participante, e se presente do cuidador e identificar compreensão das atividades.
b167 Funções mentais da linguagem	1 e 2 - Requerer consentimento do participante utilizando seu modo preferível de comunicação, e identificar compreensão das atividades. 3 e 4 - Requerer consentimento do participante utilizando seu modo preferível de comunicação e se presente do cuidador e identificar compreensão das atividades. 1 a 4 - Se for necessário, oferecer intérpretes.
b2. FUNÇÕES SENSORIAIS E DOR	
b210 Visão	1 a 4 - Fornecer acesso ao dispositivo para que o explore por toque antes do escaneamento. Fornecer descrição auditiva das atividades e posições.
b230 Audição	1 a 4 - Fornecer descrição visual das atividades, posições e durante o escaneamento. Se possível fornecer tradutor.
b235 Vestibular (<i>inclui funções de equilíbrio</i>)	1 a 4 - Possibilitar suporte para todas as partes do corpo. Não realizar escaneamento em momentos de crise.
b280 Dor	1 e 2 - Realizar a digitalização quando o participante estiver sem dor. 3 e 4 - Não realizar escaneamento em momentos de crise.
b4. FUNÇÕES DOS SISTEMAS CARDIOVASCULAR, HEMATOLÓGICO, IMUNOLÓGICO E RESPIRATÓRIO	
b435 Funções do sistema imunológico	1 e 2 - Realizar a digitalização quando as dificuldades estiverem sob controle. 3 e 4 - Não realizar escaneamento em momentos de crise.
b440 Funções do sistema respiratório (<i>respiração</i>)	1 e 2 - Realizar a digitalização quando as dificuldades estiverem sob controle. 3 e 4 - Não realizar escaneamento em momentos de crise.

Continua

Continuação

Códigos CIF	Recomendações	
PARTE 1a: DEFICIÊNCIAS DAS FUNÇÕES DO CORPO		
b7. FUNÇÕES NEUROMUSCULOESQUELÉTICAS E RELACIONADAS AO MOVIMENTO		
b710 Mobilidade das articulações	1 e 2 - Permitir alterações nas posições desde que não alterem a capacidade de escaneamento. 3 e 4 - Permitir alterações nas posições desde que não alterem a capacidade de escaneamento. Caso não seja possível o escaneamento, da parte requerida, não realizar escaneamento.	
b730 Força muscular	1 e 2 - Realizar a digitalização do participante em momentos em que possui força muscular. Não requisitar força do participante. 3 e 4 - Fornecer apoio para os membros e faixas de segurança. Não requisitar força do participante. * Auxiliar na transferência.	
b735 Tônus muscular	1 e 2 - Realizar a digitalização do participante em momentos em que possui força muscular. Não requisitar força do participante. 3 e 4 - Fornecer apoio para os membros e faixas de segurança. Não requisitar força do participante. * Auxiliar na transferência.	
b765 Movimentos involuntários	1 e 2 - Realizar a digitalização do participante em momentos em que tem controle de movimento. 3 e 4 - Fornecer faixas para fixação dos membros sem controle.	
PARTE 1b: DEFICIÊNCIAS DAS ESTRUTURAS DO CORPO		
Recomendações		
s7. ESTRUTURAS RELACIONADAS AO MOVIMENTO		
s710 Região de cabeça e pescoço	1 e 2 - Realizar a digitalização do participante tal como se apresenta. 3 e 4 - Fornecer faixas para fixação e estabilização da cabeça.	3 e 4 - Não limitar o espaço fornecido para a cabeça. 6 - Fixar a cabeça na posição mais natural ao participante.
s720 Região de ombro	1 e 2 - Realizar a digitalização do participante tal como se apresenta. 3 e 4 - Fornecer faixas para fixação e estabilização do ombro.	1 e 2 - Auxiliar no equilíbrio do participante. 3 a 6 - Fixar o ombro na posição mais aproximada possível da requerida.
s730 Extremidade superior (braço, mão)	1 e 2 - Realizar a digitalização do participante tal como se apresenta. 3 e 4 - Fornecer faixas para fixação e estabilização dos membros superiores.	1 e 2 - Auxiliar no equilíbrio do participante. 3 a 6 - Fixar os membros superiores na posição mais aproximada possível da requerida.
s740 Pelve	1 e 2 - Realizar a digitalização do participante tal como se apresenta. 3 e 4 - Fornecer faixas para fixação e estabilização da pelve.	3 a 6 - Fixar a pelve na posição mais aproximada possível da requerida.
PARTE 1b: DEFICIÊNCIAS DAS ESTRUTURAS DO CORPO		
Recomendações		
s750 Extremidade inferior (perna, pé)	1 e 2 - Realizar a digitalização do participante tal como se apresenta. 3 e 4 - Fornecer faixas para fixação e estabilização dos membros inferiores.	1 e 2 - Auxiliar no equilíbrio do participante. 3 a 6 - Fixar os membros inferiores na posição mais aproximada possível.
s760 Tronco	1 e 2 - Realizar a digitalização do participante tal como se apresenta. 3 e 4 - Fornecer faixas para fixação e estabilização do tronco.	3 a 6 - Fixar o tronco na posição mais aproximada possível da requerida.
PARTE 2: LIMITAÇÕES DE ATIVIDADES E RESTRIÇÃO À PARTICIPAÇÃO		
Recomendações		
d2. TAREFAS E DEMANDAS GERAIS		
d210 Realizar uma única tarefa	1 e 4 - Verificar capacidade de realizar a atividade específica. Alterar a atividade de acordo com a capacidade individual.	
d4. MOBILIDADE		
d440 Uso fino das mãos (pegar, segurar)	1 e 2 - Fornecer espaços amplos para o participante segurar. 3 e 4 - Utilizar faixas para fixação do participante.	
d450 Andar	1 e 2 - Diminuir distância entre o participante e o dispositivo. 3 e 4 - Permitir acesso ao dispositivo por meio de cadeira de rodas. Realizar o transporte e a transferências do participante.	

Continua

<i>Códigos CIF</i>	
PARTE 2: LIMITAÇÕES DE ATIVIDADES E RESTRIÇÃO À PARTICIPAÇÃO	Recomendações
d465 Deslocar-se utilizando algum tipo de equipamento	1 e 2 - Permitir acesso ao dispositivo por cadeira de rodas / bengalas. 3 e 4 - Realizar o transporte e a transferência do participante.
PARTE 3: FATORES AMBIENTAIS	Recomendações
e1. PRODUTOS E TECNOLOGIA	
e110 Produtos ou substâncias para consumo pessoal (<i>comida, remédios</i>)	1 a 4 - Agendar o escaneamento com maior distância possível de barreiras relacionadas com alimentação (exemplo: agitado quando está com fome - agendar a digitalização após alimentação) +1 à +4 - Se remédios diminuem sintomas que afetam a qualidade do escaneamento como por exemplo movimentações involuntárias agendar o escaneamento no momento de seu melhor funcionamento.
e115 Produtos e tecnologia para uso pessoal na vida diária	+1 à +4 - Apenas retirar a TA do participante quando o participante já estiver posicionado (facilitar o acesso à TA e não a retirar do ambiente).
e120 Produtos e tecnologia para mobilidade e transporte pessoal em ambientes internos e externos	+1 à +4 - Apenas retirar a TA do participante quando o participante já estiver posicionado (facilitar o acesso à TA e não a retirar do ambiente).
e125 Produtos e tecnologia para comunicação	+1 à +4 - Apenas retirar a TA do participante quando o participante já estiver posicionado (facilitar o acesso à TA e não a retirar do ambiente).

FONTE: A autora (2022).

A seleção dos elementos de customização da experiência adequadas para cada participante é essencial para a qualidade do escaneamento. Deve-se considerar também que o bem-estar e atenção às capacidades dos participantes é mais importante do que atingir as posições predeterminadas e que, em alguns casos particulares, a digitalização direta não pode ser realizada. Nesses casos deve-se utilizar outros métodos como os de antropometria tradicional ou coleta indireta da geometria por gesso ou vácuo, por exemplo.

5.2.1.2 Checklists de preparação do ambiente e do participante

Em seguida, no Quadro 27 são apontados os elementos para a montagem ou preparação do ambiente onde será realizado o escaneamento e no Quadro 28 os elementos para a preparação do participante, para os quais se deve considerar a sua preparação física e mental. Presentes todos esses elementos dispostos nos quadros, pode-se realizar a digitalização apropriadamente.

QUADRO 27 - CHECKLIST PARA A MONTAGEM DO AMBIENTE

Elementos	Componente	Checklist	
Ambiente	Maior que 9 m²	☐	
	Iluminação artificial uniforme (inclusive de “baixo para cima”)	☐	
	Temperatura controlada	☐	
	Ambiente privado (para troca de roupas)	☐	
	Acesso a tomadas	☐	
	Permissão de utilização do ambiente	☐	
	Segurança dos equipamentos	☐	
Acessibilidade	Permite acesso com cadeira de rodas	☐	
	Tem acesso à banheiro acessível	☐	
	Acesso fácil ao local de escaneamento	☐	
Hardware	Computador/notebook	☐	
	Escâner	- Equipamento	☐
		- Adaptador para o computador	☐
	Dispositivo	- Dispositivo	☐
		- Faixas de segurança	☐
- Suportes extras		☐	
Materiais	Material de limpeza	- Desinfetante	☐
		- Limpa vidros	☐
		- Flanelas	☐
	Materiais impressos	- Protocolo	☐
		- Termos	☐
	Material para anotações	☐	
Câmera fotográfica/filmadora	☐		
Software	Software de escaneamento	☐	
	Software de tratamento de malha	☐	

FONTE: A autora (2022).

QUADRO 28 - CHECKLIST PARA A PREPARAÇÃO DO PARTICIPANTE

Elementos	Componente	Checklist
Físicos	Cabelos compridos amarrados acima dos ombros (coque)	☐
	Roupas ajustadas ao corpo	☐
	Sem sapatos ou meias	☐
	Sem cremes/hidratantes na pele antes do escaneamento	☐
	Sem uso de órteses	☐
	Presença de equipamento para transferências	☐
	Com os marcadores físicos colocados (<i>landmarks</i>)	☐
Mentais	Recebeu instruções de preparação	☐
	Consentimento de participação verbal e escrito	☐
	Atestado verbal de saúde	☐

FONTE: A autora (2022).

5.2.1.3 Ferramenta de avaliação da qualidade da malha

Foi percebida a necessidade de criação de uma ferramenta que auxiliasse no processo de avaliação das malhas digitalizadas. Visto que isso é geralmente feito de maneira qualitativa e desestruturada o que dificulta a tomada de decisões objetivas acerca das malhas obtidas, como indicado por Heymsfield et al. (2018) e Markiewicz et al. (2017). Assim a ferramenta foi desenvolvida considerando que deveria:

- Ser flexível e poder ser adaptada para situações particulares com finalidades diferentes e falhas diferentes nas malhas;
- Gerar resultados quantitativos e poder ser utilizada comparativamente entre malhas de um mesmo estudo;
- Identificar a necessidade de refazer o escaneamento; e, além disso, determinar o que é um resultado ótimo, médio e ruim, e gerar recomendações para os pesquisadores baseado nisso; e
- Gerar um resultado numérico ou textual que possa ser facilmente compreendido por pessoas que não necessariamente compreendem o funcionamento interno da ferramenta.

Para tanto, foi desenvolvida uma fórmula que determina uma nota de 0 (zero) à 100 (cem) para a qualidade da malha e se esta deve ser refeita ou se pode ser utilizada. A fórmula pode ser alterada de acordo com as características do estudo realizado, como, por exemplo, a existência ou não de falhas de calibração, pelo uso de mais de um escâner, ou das necessidades particulares do experimento, por exemplo maior importância para medidas acuradas ou para geometrias lisas ou malhas sem aberturas para impressão 3D. Essa ferramenta de avaliação quantitativa permite também a avaliação do processo, pois a geração de diversas malhas que precisam ser descartadas e refeitas indica necessidade de alteração do sistema.

A fórmula é construída a partir da aplicação de notas e pesos à gravidade dos erros encontrados na malha. Gravidade neste caso é relacionada com a quantidade de erros, a dificuldade na sua correção e o quanto afeta o resultado final do trabalho. Dessa maneira a ferramenta é uma fórmula com variáveis que se alteram em cada estudo para que melhor se adequem àquele contexto. O cálculo consiste na avaliação dos erros gerados numa malha específica, ou seja, é aplicado individualmente para cada malha, usando a mesma fórmula previamente decidida para que as malhas de um mesmo estudo possam ser comparadas. A avaliação é feita pelo pesquisador ou grupo de pesquisadores e gera um resultado numérico que classifica a malha.

A fórmula do cálculo é variável e é definida antes da realização do experimento a partir dos possíveis erros que podem ser encontrados na malha, Quadro 7, p. 61, do Referencial Teórico, e para cada um desses erros é adicionado um peso relativo a importância e a dificuldade de tratamento desses erros no pós-processamento. Sendo assim, esses pesos e os erros determinados podem variar de acordo com a pesquisa que será realizada. Para a aplicação da ferramenta, realiza-se o passo a passo:

1. Listagem de erros possíveis encontrados no escaneamento (participação de seres humanos, existência ou não de calibração, etc.). Esses erros podem ser todos ou apenas alguns dos erros indicados no Quadro 7;
2. Atribuição de pesos para cada um desses erros. Esses pesos são relativos ao experimento realizado e à dificuldade e influência negativa que possuem para o resultado final objetivado;
3. Determinação de escala para avaliação dos erros gerados e nota numérica referente à escala, por exemplo escala nominal: muito bom, bom, médio, ruim e muito ruim; numérica: 0 a 5; ou por quantidade de erros como por exemplo 0-2, 2-4, 4-6 e 6+, para todos os casos os valores numéricos maiores significam notas piores, ou seja, mais falhas;
4. Aplicação dos elementos na fórmula (Eq. 1.);

$$\frac{\left\{ \begin{aligned} &[(ME \times P1) + (ME \times P2) + (ME \times Pn)] \\ &- [(E1 \times P1) + (E2 \times P2) + (En \times Pn)] \end{aligned} \right\} \times 100}{(ME \times P1) + (ME \times P2) + (ME \times Pn)} \quad (1)$$

Onde:

En = erro

Pn = peso atribuído ao erro

ME = nota máxima possível de atribuir aos erros

5. Determinação de linha de corte ou descarte, ou seja, nota mínima para determinação de uso da malha no estudo;
6. Efetiva avaliação da malha, com a realização do cálculo;
7. Decisão acerca da malha.

Um exemplo de aplicação da ferramenta é o seguinte:

1. Erros possíveis encontrados no escaneamento:

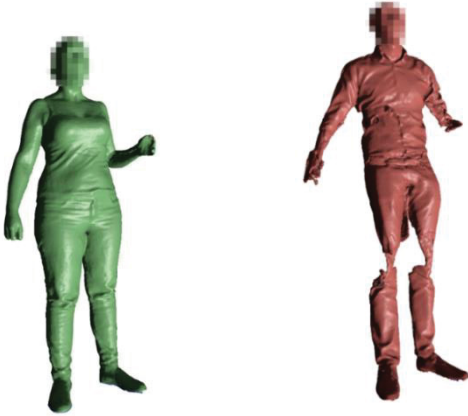
a) Calibração;	e) Movimento;
b) Costura;	f) Limitações do equipamento;
c) Aberturas// oclusão;	g) Saliências.
d) Objetos estranhos;	
2. Atribuição de pesos:

Em uma escala de 1 à 5:	d) Objetos estranhos: peso 1;
a) Calibração: peso 5;	e) Movimento: peso 4;
b) Costura: peso 1;	f) Limitações: peso 5;
c) Aberturas: peso 3;	g) Saliências: peso 2.
3. Determinação de escala de avaliação: notas entre 0 (nenhum erro), 1 (poucos erros) a 5 (muitos erros).
4. Aplicação dos elementos na fórmula (Eq. 2.):

$$\frac{\left\{ \begin{aligned} &[(5 \times 5) + (5 \times 1) + (5 \times 3) + (5 \times 1) + (5 \times 4) + (5 \times 5) + (5 \times 2)] \\ &- \left[\begin{aligned} &(Calibração \times 5) + (Costura \times 1) + (Buracos \times 3) \\ &+ (Objetos \times 1) + (Movimento \times 4) + (Limitações \times 5) \\ &+ (Saliências \times 2) \end{aligned} \right] \end{aligned} \right\} \times 100}{(ME \times P1) + (ME \times P2) + (ME \times Pn)} \quad (2)$$

5. Determinação de linha de corte:
 - a. Abaixo de 40 - Descarte.
 - b. Acima de 80 - Ótima.
6. Avaliação da malha exemplo, Tabela 7:

TABELA 7 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MALHA

<i>Atribuição de Notas</i>	<i>Malha 1</i>	<i>Malha 2</i>
<i>Malha</i>		
<i>a. Calibração</i>	0	5
<i>b. Costura</i>	2	2
<i>c. Buracos</i>	0	5
<i>d. Objetos estranhos</i>	1	1
<i>e. Movimento</i>	1	3
<i>f. Limitações do equipamento</i>	0	5
<i>g. Saliências</i>	0	5
AVALIAÇÃO MALHA		
<i>Nota (arredondada)</i>	86	14
<i>Decisão</i>	Malha ótima	Descarte

FONTE: A autora (2022).

Com a aplicação do protocolo, a Malha 1 foi considerada ótima com uma nota de 86, acima da linha de melhor qualidade (80). Para a malha 2, a situação foi diferente e foi feita a recomendação de descarte visto que recebeu nota 14 abaixo da linha de corte (40). Essa nota baixa está principalmente relacionada com falhas de calibração nos membros inferiores, de movimentação nos membros superiores e de limitação do hardware, que não conseguiu coletar o topo da cabeça.

Na aplicação desta ferramenta as notas sempre irão variar entre 0 e 100 e podem ser comparadas entre si. Malhas com notas maiores podem ser tratadas com mais fidelidade do que as com notas menores, e as malhas com notas abaixo de um certo limite devem ser descartadas ou desconsideradas. Além disso, para garantir confiabilidade das avaliações, os avaliadores devem ser treinados e estar de comum acordo com os significados das escalas de avaliação e dos erros avaliados. Reitera-

se que os resultados obtidos podem ser comparados entre si para um mesmo estudo, no entanto não é possível comparar resultados para estudos diferentes pois o peso dos erros varia de acordo com a especificidade do estudo. O desenvolvimento detalhado desta ferramenta foi publicado em Sierra e Okimoto (2021b).

5.2.1.4 Guias básicos de correção da malha e desenvolvimento de produto

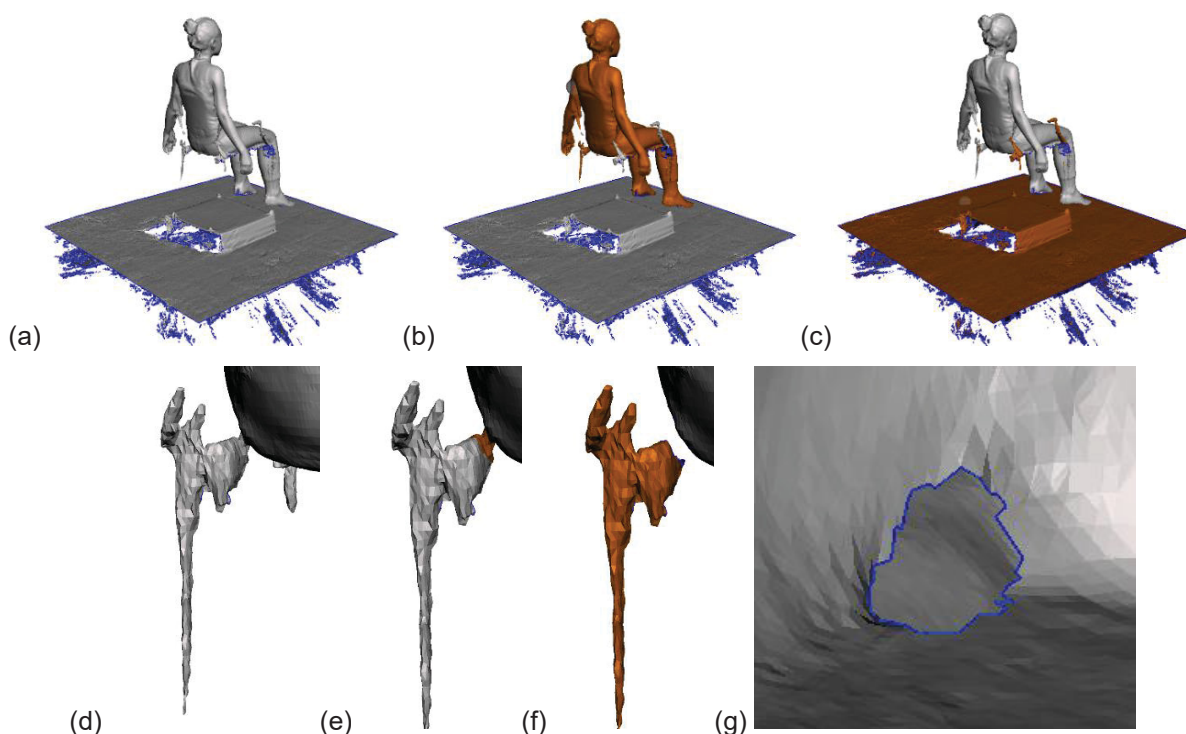
Adicionado ao protocolo, estão dois guias básicos: o de correção e o de transformação das geometrias coletadas em produtos ajustados ao corpo. Para a sua utilização é preciso ter conhecimento sobre malhas escaneadas e modelagem 3D. A correção da malha consiste na mitigação dos erros advindos do escaneamento como fechamento de lacunas/aberturas, exclusão de geometrias soltas e deformadas, entre outros. Já o desenvolvimento de produto consiste em utilizar a malha corrigida para retirar a morfologia apropriada para o desenvolvimento do produto.

Cabe ressaltar que existem outros métodos de correção e transformação em produto adaptado ao corpo que podem ser usados, como o método realizado por Weigert (2017), por exemplo. No entanto, optou-se por apresentar aqui um guia simplificado de modo a indicar para os pesquisadores utilizadores do protocolo os passos básicos e mínimos de correção da malha que precisam ser realizados. Para casos omissos sugere-se que utilizem guias mais completos como citado. Para os guias é usado o programa Meshmixer (AUTODESK, 2020b), visto que é gratuito e de fácil utilização e é usada como exemplo uma malha obtida no exemplo Piloto.

- **Guia básico de correção da malha escaneada**

Em primeiro lugar é preciso abrir a malha, isso é feito em “*File > open*” ou teclando “*ctrl + o*”. Em seguida, é preciso verificar se há objetos soltos da malha principal que podem ser excluídos, Figura 39 - a. Com a ferramenta “*Select*” basta clicar duas vezes na malha principal para que ela seja selecionada, Figura 39 - b, e teclar na letra “*i*” para inverter a seleção, Figura 39 - c, e com essa inversão apertar a tecla “*delete*”. O próximo passo é excluir objetos conectados à malha que não deveriam estar, Figura 39 - d. Para tanto basta utilizar a ferramenta de seleção, diminuir seu tamanho, selecionar os polígonos de conexão entre esses objetos, Figura 39 - e, e deletá-los. Em seguida basta repetir o processo de selecionar a malha principal, inverter a seleção, Figura 39 - f, e excluir o que foi selecionado.

FIGURA 39 - CORREÇÃO DAS GEOMETRIAS COLETADAS



LEGENDA: a) malha escaneada; b) seleção da malha principal; c) inversão da seleção; d) objeto ligado à malha; e) seleção da ligação do objeto com a malha; f) seleção do objeto; g) abertura proveniente da exclusão do objeto.

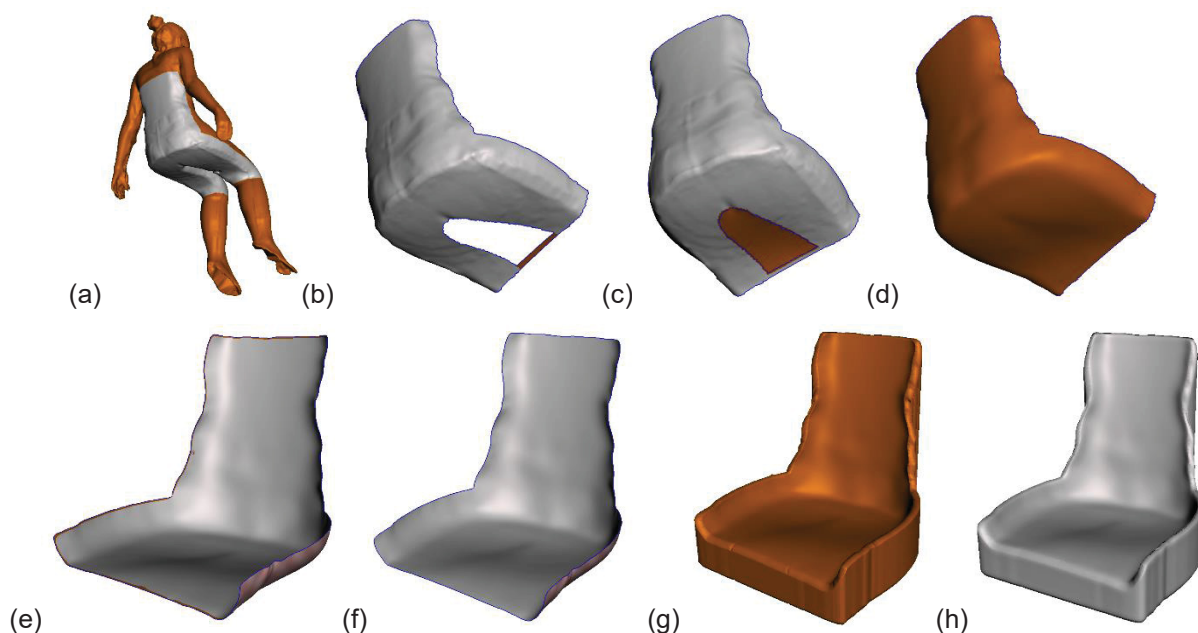
FONTE: A autora (2022).

O resultado dessa correção inicial são aberturas, Figura 39 - g, que podem então ser fechadas com uma ferramenta automática do programa. Para isso é preciso clicar na ferramenta “*Analysis > inspector > smooth fill > auto repair all*” (ferramenta de reparação automática). As demais saliências que não puderem ser concertadas dessa maneira podem ser mitigadas com a utilização da ferramenta “*Sculpt*” (esculpir) onde pode-se alisar ou amenizar geometrias com falha. Essa ferramenta deve ser usada com parcimônia para não deformar e modificar as dimensões da malha. Feito isso a malha está corrigida e pode ser utilizada para fazer desenvolvimento de produto.

- **Guia básico de desenvolvimento de produto adaptado**

Com a geometria corrigida, pode-se partir para o desenvolvimento do produto que consiste em seu recorte, suavização, criação de espessuras e alterações para a geração de produtos ajustados ao corpo. Neste exemplo é utilizada a geometria da parte posterior do corpo para a criação de um assento adaptado, Figura 40.

FIGURA 40 - TRANSFORMAÇÃO DAS MORFOLOGIAS EM PRODUTOS



LEGENDA: a) seleção da geometria do assento; b) união da parte interna da malha; c) fechamento do buraco gerado; d) alisamento da geometria; e) inversão das normais; f) suavização das bordas; g) extrusão do assento; h) suavização do assento.

FONTE: A autora (2022).

Inicialmente é feita a separação, Figura 40 - a, do corpo da geometria a qual pretende-se utilizar para o produto. Essa geometria é selecionada com a ferramenta “*Select*”, e as partes que não serão utilizadas podem ser deletadas com a tecla “*delete*”. A geometria pode então ser manipulada para que seja feito o fechamento de aberturas e outras falhas que apareçam. Para o exemplo uniram-se as pontas da abertura gerada pela parte interna das coxas com a ferramenta “*Join*”, acessada pela letra “*j*”, Figura 40 - b, e em seguida foi preenchida a abertura clicando duas vezes na borda com a ferramenta “*Select*”, e feito o fechamento com a ferramenta “*Erase & fill*”, acesso pela letra “*f*”, Figura 40 - c. Em seguida a geometria pode ser suavizada com a ferramenta “*Smooth*”, ou acesso pelo comando “*ctrl + f*”, Figura 40 - d.

A próxima etapa é o espessamento da malha. Para isso faz-se a inversão das normais, “*Edit > Flip normals*”, para realizar o espessamento, Figura 40 - e. Isso se dá pelo fato de que se for feito o espessamento na direção da parte de contato com usuário a geometria ficará menor do que a necessária. Em seguida a malha precisa ser redistribuída, isso pode ser feito com a ferramenta “*Remesh*”, acesso pela letra “*r*”. Após a retopologia parte-se para a etapa de suavização das bordas, Figura 40 - f, de maneira automática com o comando “*Smooth boundary*”, acesso pela letra “*b*”, ou com a ferramenta manual de escultura. Por fim é feito o espessamento da geometria,

Figura 40 - g, com a ferramenta de extrusão “*Extrude*”, acesso pela letra “d”. No caso da figura a geometria foi extrudada de forma constante para trás, para dar espessura ao encosto, e para baixo de forma constante, para dar espessura para o assento, finalizando em um plano que fica em contato com o plano da cadeira de rodas. Finalmente é feita a suavização de todo o conjunto, Figura 40 - h.

Essa geometria obtida pode ser disponibilizada para corte por uma máquina CNC em espuma ou em material plástico, ou impressa em uma impressora 3D.

5.2.2 Desenvolvimento do dispositivo ortoposicionador

O dispositivo previsto para o sistema parte de dois requisitos principais: a sua capacidade de suportar uma pessoa em diversas posições especificadas (requisito 3.3.5 - Quadro 21) e a capacidade de escaneamento dessa pessoa através dele (requisito 3.1.1 - Quadro 21). Em relação à segunda questão, na fundamentação prática foi encontrado que o uso de acrílico é viável (requisito 3.1.9 - Quadro 21).

Como foi verificada a possibilidade de escaneamento através de materiais transparentes, o próximo passo a ser determinado foram as posições padronizadas que as pessoas iriam adotar. Essas são dependentes dos usos da antropometria digital (requisito 3.2.3 - Quadro 21). Igualmente como para pessoas sem deficiência utilizam-se posições em pé, para pessoas com deficiência motora, especialmente aquelas que utilizam cadeira de rodas, a posição sentada é a posição primária a qual adotam no seu cotidiano (NAKIĆ; BOGOVIĆ, 2019; STEINFELD; LENKER; PAQUET, 2002; HOBSON; MOLENBROEK, 1990). Assim, o desenvolvimento de produtos para elas deve ser feito nesta posição. Isso é explicitado nos trabalhos de Brogin (2019), Guseva et al. (2020), Conkle et al. (2019) e Rudolf et al. (2017), que demonstram que o desenvolvimento de produtos como órteses, próteses e vestuários é idealmente feito para que eles sejam confortáveis quando estão sentadas (requisito 3.3.4 - Quadro 21).

Além disso, como há deformação dos tecidos ao manter-se na posição sentada, como verificado na fundamentação, é ideal a capacidade de digitalização da pessoa em duas posições complementares como a posição prona e supina, o que permite a soma desses resultados e geração de uma malha com menor deformidade dos tecidos (requisito 3.1.4 - Quadro 21). Além da posição sentada, para o dispositivo há a necessidade de posicionamento dos membros (requisito 3.1.2 - Quadro 21) e fixação da posição da pessoa no dispositivo (requisito 3.3.2 - Quadro 21).

Ainda, o dispositivo deve considerar que pessoas com diversos tamanhos irão utilizá-lo, o que implica na necessidade de dimensionamento adequado para a maior parte da população e a presença de alturas e suportes ajustáveis (requisito 3.1.6 - Quadro 21). Essa é uma questão que é dificilmente respondida, pois como é descrito na fundamentação teórica, estudos antropométricos de pessoas com deficiência são poucos, antigos e não fornecem dados suficientes para resolver questões sobre dimensionamento de dispositivos universais. Sendo assim, para o dimensionamento deste produto é utilizada uma tabela de medidas de adultos sem deficiência (PANERO; ZELNIK, 2002). No entanto, o produto deve poder ser parametrizável para adequação e construção com outras dimensões como por exemplo para o atendimento de crianças e pessoas obesas (requisito 3.1.11 - Quadro 21).

A partir dessas considerações e dos requisitos, para o desenvolvimento do dispositivo foram determinados alguns temas fundamentais, são eles: a transparência do objeto, a modularidade de componentes de suporte dos usuários (requisito 3.2.2 - Quadro 21), a multifuncionalidade ou capacidade de utilizar em múltiplas posições, a transportabilidade (requisito 3.3.8 - Quadro 21), e também a fabricabilidade para que possa ser produzido no contexto atual (requisito 3.1.10 - Quadro 21), determinada pelo método DSR que preconiza a construção de um sistema que possa ser testado.

5.2.2.1 Geração de alternativas para o dispositivo ortoposicionador

A partir dos temas fundamentais construiu-se um painel de referências visuais para auxiliar na geração de alternativas, Figura 41.

O primeiro grupo é aquele com o tema da transparência. Esses produtos são fabricados em materiais como vidro, acrílico, PVC e outros plásticos. Foi possível encontrar soluções que utilizam apenas um único material em, além de outras que fazem uso de elementos de fixação ou suportes em metal. Os principais elementos de geração de forma são dobras, recortes e adição de partes por cola e ferragens.

Para o grupo relacionado com modularidade, foram encontrados três tipos de produto, cadeiras de rodas com suportes para o corpo, faixas e partes móveis para adequação dimensional. Produtos para uso na prática de atividades físicas que permitem alterar o seu posicionamento, dimensionamento e angulações. E, também, produtos infantis que permitem a troca de componentes de acordo com a evolução etária. Para o produto infantil apresentado, a possibilidade de alteração dimensional

bem como a troca de elementos em uma base única é uma solução de interesse. Percebe-se que os módulos cumprem a função de posicionamento a partir de alterações para que estejam na localização adequada para a fixação do membro.

FIGURA 41 - PAINEL DE REFERÊNCIAS VISUAIS



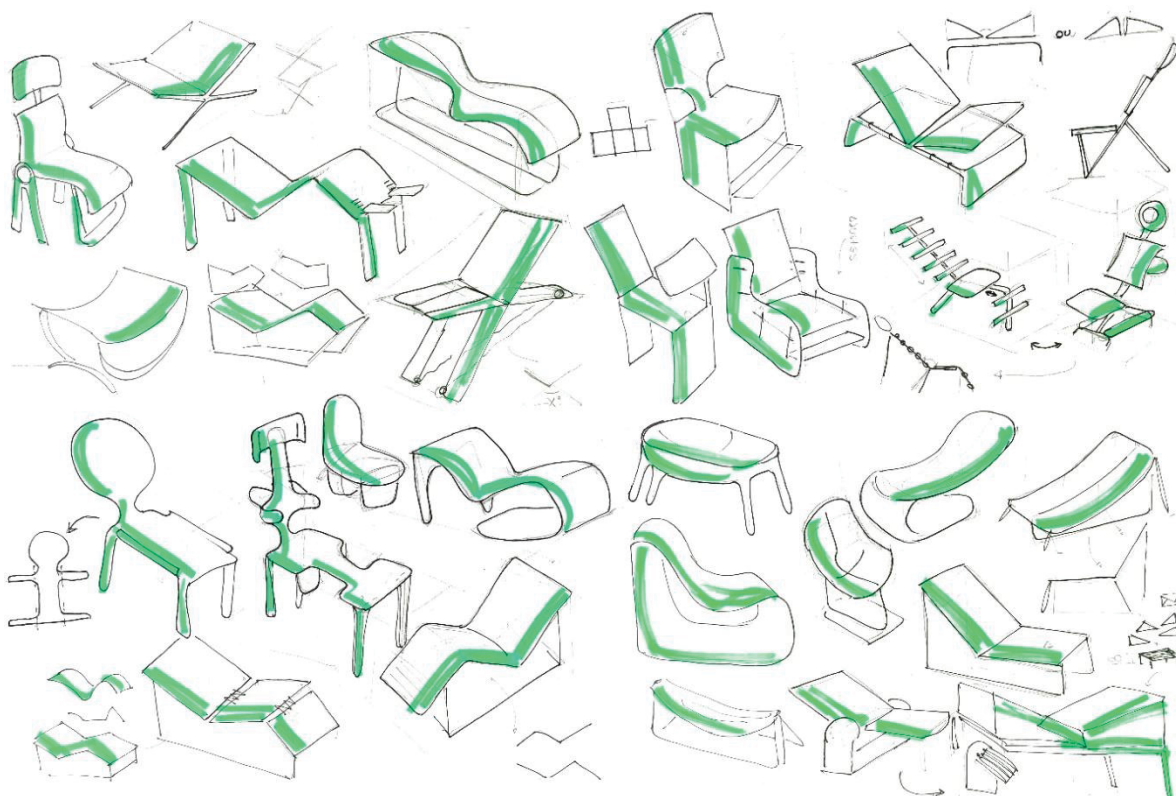
FONTE: A autora (2022).

Para o conjunto voltado para a transportabilidade encontraram-se soluções que utilizam os princípios de maleabilidade bem como o de compactação. Inserem-se cadeiras de praia, redes, e outros compactáveis como a cadeira de massagem. Apesar de facilitar a transportabilidade, a maleabilidade pode causar insegurança, dificultar a permanência nas posições e a transferência da cadeira de rodas.

O último grupo, apresenta soluções relacionadas com a possibilidade de atingir mais de uma posição. Foram encontradas soluções para escritório que permitem posições prona e supina, a partir de recortes no assento e encosto, soluções onde há possibilidade de alteração da angulação do encosto ou de todo o conjunto. Ainda, para a adição de outras posições encontraram-se soluções que adicionam elementos ao componente básico para o suporte de novas posições como no equipamento para academia. Há ainda uma modular que permite rearranjo para o reposicionamento.

Em posse dessas referências foram geradas as alternativas de solução, Figura 42, que se deram em três etapas. A primeira, de geração de alternativas, foi livre a partir de rascunhos (*sketches*) de modo englobar elementos dos temas identificados.

FIGURA 42 - PRINCIPAIS ALTERNATIVAS GERADAS



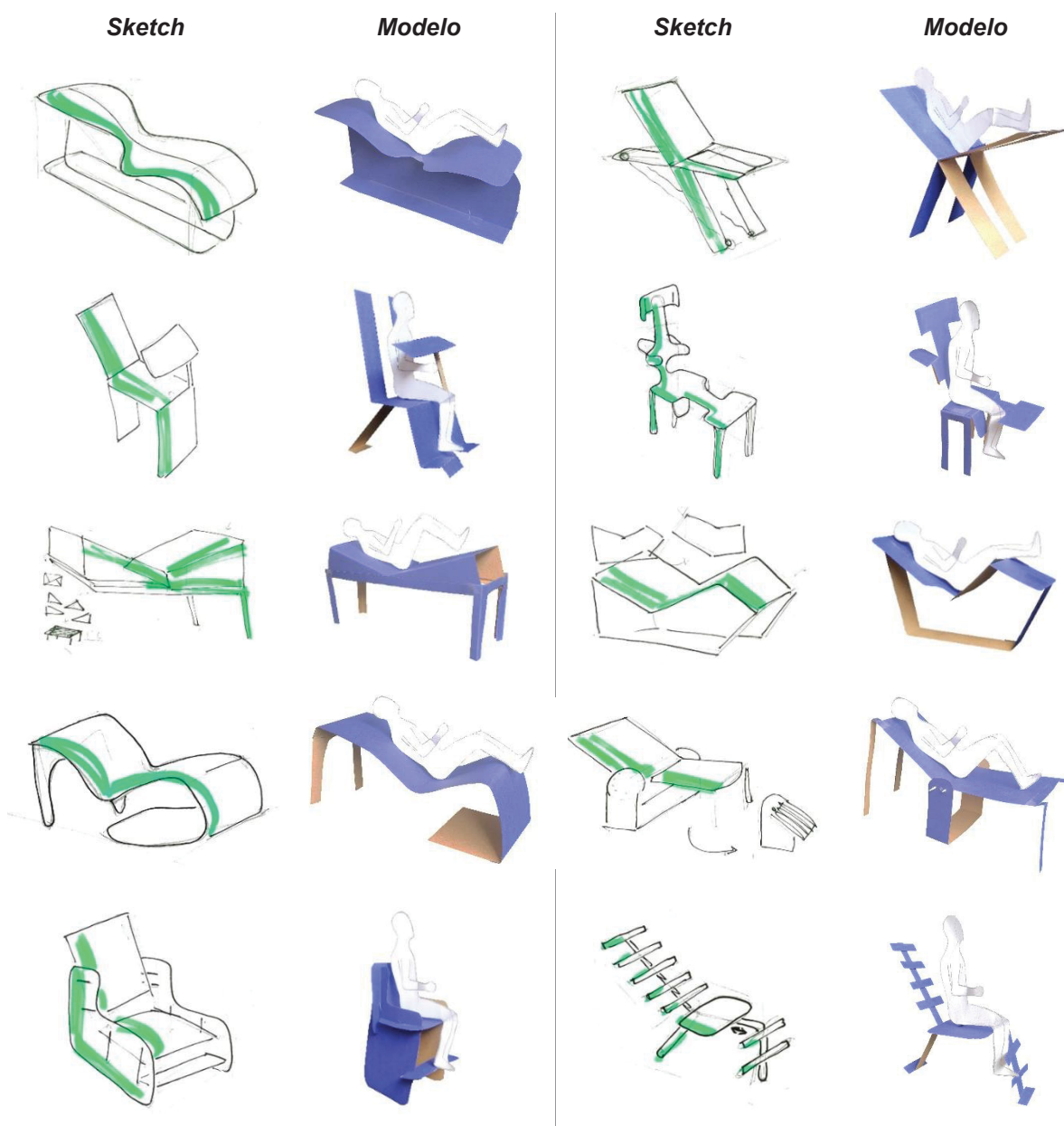
FONTE: A autora (2022).

Nas alternativas geradas, houve especial atenção à estrutura responsável pelo posicionamento do corpo inteiro, e para o acesso à todas as partes do corpo, inclusive as solas dos pés (requisito 3.1.8 - Quadro 21). Para tanto, em soluções que utilizavam a posição sentada, houve elevação do assento para que pudesse haver esse acesso. No entanto, essa característica afeta a transferência da pessoa para o dispositivo (requisito 3.1.7 - Quadro 21), o que causou a geração de alternativas voltadas para a

posição inclinada, utilizada na cadeira de rodas conhecida como “*recline*”. Algumas outras soluções foram voltadas para a transportabilidade que faziam uso de materiais maleáveis, no entanto, a transferência ficava prejudicada então foram eliminadas.

Para a segunda etapa, que consistiu na seleção das alternativas, foi feita a sua avaliação em relação à aderência aos temas determinados, ou seja, alternativas que possuísem transparência, modularidade, multifuncionalidade, transportabilidade e acessibilidade. Foram eleitas dez que se adequam a todos os temas. As alternativas selecionadas foram dimensionadas de acordo com um modelo humano base e modeladas em papel cartão para que pudessem ser avaliadas, Figura 43.

FIGURA 43 - MODELOS EM PAPEL DAS ALTERNATIVAS SELECIONADAS



FONTE: A autora (2022).

Após o desenvolvimento dos modelos, as alternativas foram avaliadas quanto a sua adequação aos temas. No Quadro 29 estão dispostas as alternativas e as principais conclusões acerca da funcionalidade dos produtos separadas pelos requisitos fundamentais. Essa foi a terceira etapa da geração de alternativas.

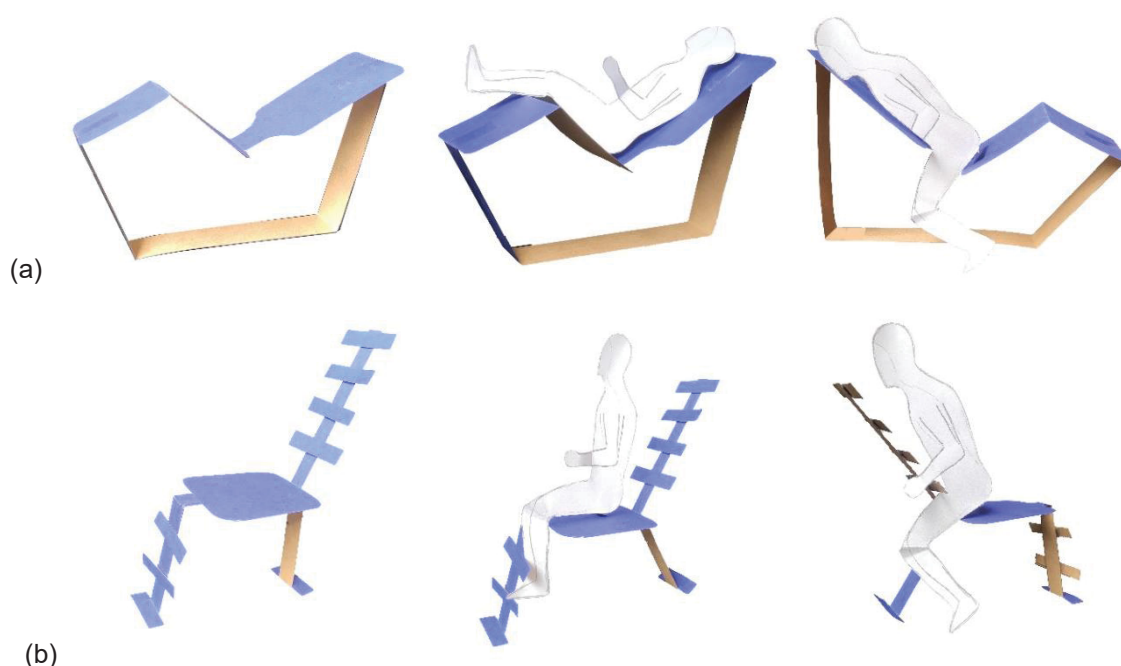
QUADRO 29 - AVALIAÇÃO DAS PRINCIPAIS ALTERNATIVAS

Alternativa	Temas fundamentais				
	<i>Transparência</i>	<i>Modularidade</i>	<i>Multifuncionalidade</i>	<i>Transportabilidade</i>	<i>Acessibilidade</i>
1. 	Permite visualização de todas as partes do corpo.	Pode fixar de outros módulos.	Permite mais de uma posição, precisa de várias transferências.	É transportável porém não facilmente.	É preciso auxílio para a transferência.
2. 	Permite visualização de todas as partes do corpo, o acesso é prejudicado.	Pode fixar de outros módulos.	Permite mais de uma posição com uma apenas uma transferência.	É transportável.	A pessoa consegue se transferir.
3. 	Permite visualização de todas as partes do corpo, há amplo espaço para a digitalização.	É modular.	Permite mais de uma posição, precisa de várias transferências.	É transportável, porém com muitas partes.	É preciso auxílio para a transferência.
4. 	Há visibilidade de todas as partes do corpo e amplo espaço para a digitalização.	Pode fixar de outros módulos.	Permite apenas uma posição.	É transportável porém não facilmente.	É preciso auxílio para a transferência.
5. 	Permite visualização de todas as partes do corpo, o acesso é prejudicado.	É possível fixar outros módulos e é ajustável.	Permite apenas uma posição.	É facilmente transportável.	É preciso auxílio para a transferência.
6. 	Há visibilidade de todas as partes do corpo e amplo espaço para a digitalização.	Pode fixar de outros módulos.	Permite apenas uma posição.	É transportável.	É preciso auxílio para a transferência.
7. 	Permite visualização de todas as partes do corpo, o acesso é prejudicado.	Pode fixar de outros módulos.	Permite mais de uma posição, precisa de várias transferências.	É facilmente transportável.	A pessoa consegue se transferir.
8. 	Há visibilidade de todas as partes do corpo e amplo espaço para a digitalização.	Pode fixar de outros módulos.	Permite mais de uma posição, precisa de várias transferências.	É facilmente transportável.	A pessoa consegue se transferir.
9. 	Permite visualização de todas as partes do corpo, o acesso é prejudicado.	Pode fixar de outros módulos.	Permite mais de uma posição, precisa de várias transferências.	É facilmente transportável.	A pessoa consegue se transferir.
10. 	Permite visualização de todas as partes do corpo, o acesso é prejudicado.	Pode fixar de outros módulos e é ajustável.	Permite mais de uma posição, precisa de várias transferências.	É facilmente transportável.	A pessoa consegue se transferir.

FONTE: A autora (2022).

Com a avaliação dos modelos selecionaram-se as duas alternativas que melhor aderiram aos temas, alternativas 8 e 10, Figura 44, para que fossem mescladas na alternativa final. Além da soma das características mais vantajosas das duas alternativas selecionadas, adicionou-se o conceito proposto pela alternativa 2 que permite que mais de uma posição seja atingida com apenas uma transferência (aderindo ao requisito 3.3.6 - Quadro 21), ou seja, que não haja a necessidade de saída do dispositivo para reposicionamento.

FIGURA 44 - ALTERNATIVAS FINAIS SELECIONADAS



LEGENDA: a) alternativa 8 selecionada; b) alternativa 10 selecionada.

FONTE: A autora (2022).

A primeira alternativa foi tomada como base para o desenvolvimento da final, Figura 45, pois, permite melhor visibilidade de todas as partes do corpo (requisito 3.1.5 - Quadro 21) especialmente pela posição geral que fornece aos participantes e pela grande área de contato do material transparente. A solução da segunda alternativa para os suportes, que oferece várias posições para a colocação de faixas de segurança e suportes, foi agregada à alternativa final com a adição de módulos de apoios e criação de recortes ao longo do produto. Em termos de transportabilidade, a alternativa selecionada tem largura e altura suficientes para atravessar portas e além de possuir pouco material o que a torna mais leve para o transporte.

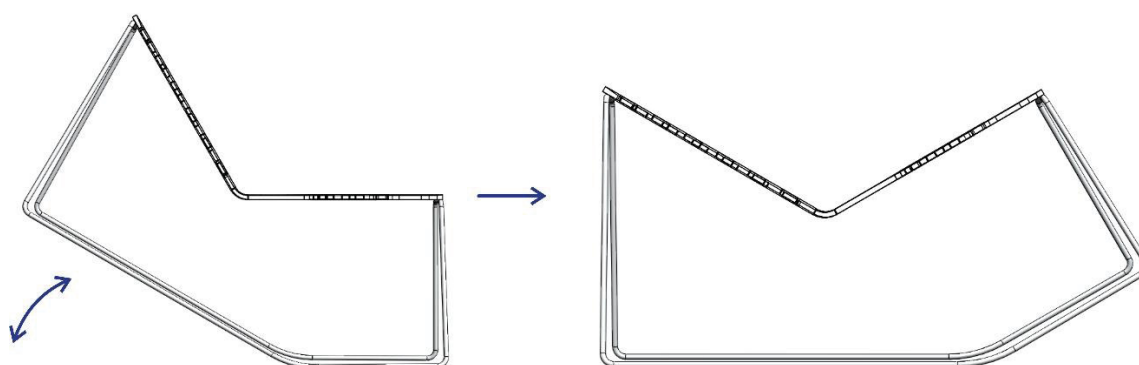
FIGURA 45 - ALTERNATIVA FINAL DO DISPOSITIVO



FONTE: A autora (2022).

Para a alternativa final foram solucionadas as duas principais dificuldades encontradas na maior parte das alternativas, a de acessibilidade ao dispositivo e a de realização de mais de uma posição com apenas uma transferência. Para a questão de acessibilidade foi desenvolvida a capacidade de adoção de duas posições para o dispositivo, Figura 46. Na primeira há a colocação da parte do assento na altura ideal para a transferência da pessoa da cadeira de rodas (600 mm) e após transferência rotação do dispositivo completo para a posição de escaneamento.

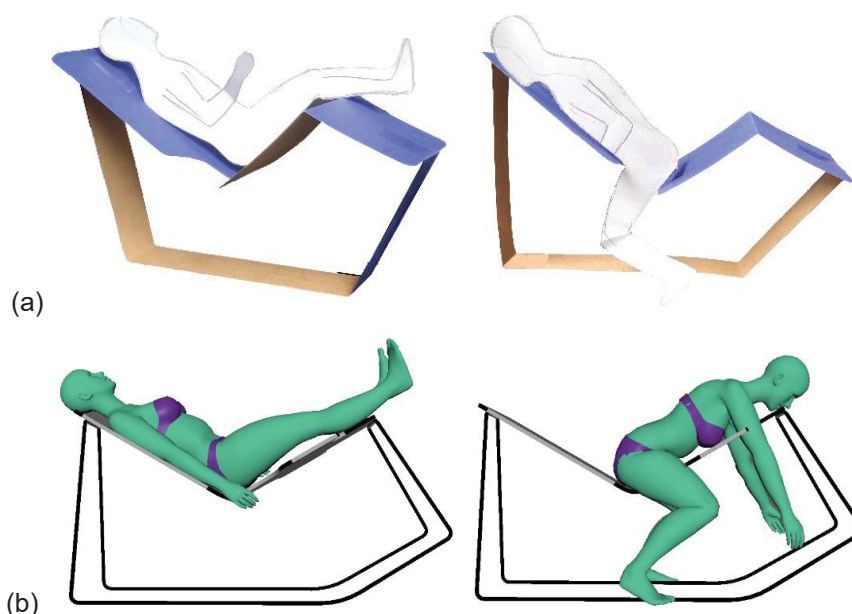
FIGURA 46 - SOLUÇÃO DE TRANSFERÊNCIA PARA O DISPOSITIVO



FONTE: A autora (2022).

Para a questão de mais de uma posição com apenas uma transferência, os recortes realizados foram transferidos do encosto para o assento alterando o lado para o qual é posicionado o tronco na posição supina. Na Figura 47 é demonstrada essa alteração em comparação com a alternativa selecionada.

FIGURA 47 - SOLUÇÃO DE REPOSICIONAMENTO NO DISPOSITIVO



LEGENDA: a) solução inicial para posicionamento com duas transferências; b) nova solução para posicionamento com uma transferência.

FONTE: A autora (2022).

Na sequência a alternativa final foi aprimorada para que ficasse adequada para a utilização com o público e que pudesse ser efetivamente produzida.

5.2.2.2 Aprimoramento da alternativa final do dispositivo

Para o aprimoramento da alternativa final, o produto foi dividido em três componentes, o assento, os pés e os suportes. As alterações feitas ao assento foram para prover maior suporte ao corpo, além de propiciar a adoção de mais posturas. Para os pés foram buscadas soluções, que promovessem estabilidade (requisito 3.3.3 - Quadro 21) e também permitissem acesso do escâner a todo o assento. E, para os suportes, foram mapeadas e modeladas as soluções de fixar o corpo ao assento.

Assim, no assento, os recortes determinados foram mantidos, mas o material que seria antes descartado dos recortes foi reaproveitado como mais um suporte para os membros e também como parte da estruturação da chapa de acrílico. Isso foi especialmente necessário para a sensação de segurança da posição prona dos participantes. Além disso com essas dobras foi possível também permitir posições com os membros superiores estendidos nas posições pronas. Para pessoas com pele sensível, a colocação da dobra é ideal para evitar o contato com partes vincadas. A

nova configuração do assento com as dobras é apresentada na Figura 48. Ele também foi redimensionado para comportar participantes de maior estatura e a angulação foi diminuída de 120 graus para 110° de maneira a abarcar posturas sentadas mais comuns para usuários de cadeira de rodas. Às dobras também foram adicionados recortes para a fixação de faixas de segurança de suporte.

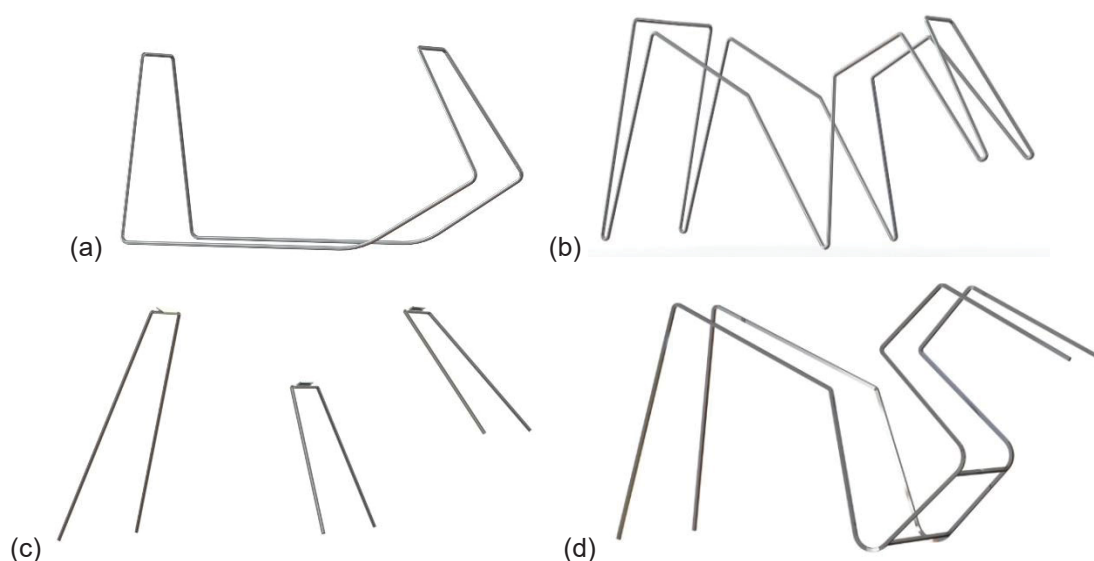
FIGURA 48 - NOVA CONFIGURAÇÃO DO ASSENTO DO DISPOSITIVO



FONTE: A autora (2022).

Para os pés foram propostas quatro alternativas de solução, Figura 49, desenvolvidas sequencialmente que resultaram em uma alternativa de perfil metálico tubular quadrado dobrado e fixado por parafusos ao material acrílico do assento.

FIGURA 49 - ALTERNATIVAS PARA OS PÉS DO DISPOSITIVO



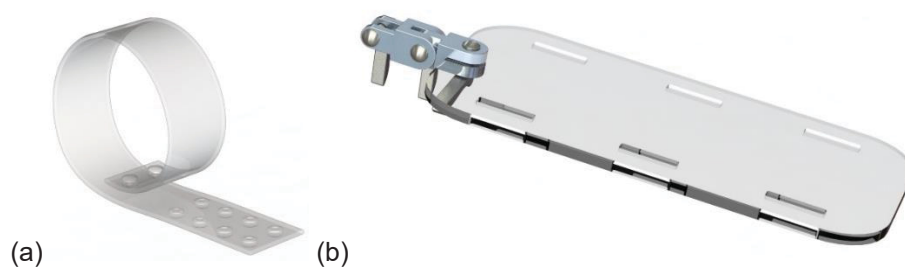
LEGENDA: a) alternativa com fácil acesso do escâner e pouca sustentação do assento; b) alternativa com boa sustentação do assento e pouco acesso do escâner; c) alternativa instável e com problema na localização da fixação; d) alternativa final.

FONTE: A autora (2022).

A primeira alternativa, Figura 49 - a, foi descartada pois, apesar permitir amplo acesso ao dispositivo, o ponto mais crítico que é o meio do dispositivo não era suportado, o que podia causar sensação de insegurança aos participantes, além disso, não havia espaço para a fixação de elementos de posicionamento dos membros inferiores. A segunda alternativa, Figura 49 - b, foi descartada pois apesar de fornecer maior suporte, as dobras apresentadas afetavam o posicionamento dos membros inferiores dos participantes. A terceira, Figura 49 - c, foi descartada pois, apesar de resolver as questões de suporte e acesso da primeira e segunda alternativas, seus pontos mínimos de fixação causariam instabilidade na movimentação do dispositivo. Com a quarta alternativa, Figura 49 - d, solucionou-se essa questão ao alterar-se o local de fixação dos pés para terem mais contato entre o metal e o acrílico.

Os últimos componentes desenvolvidos foram os suportes. Para tanto foram definidos dois tipos de suportes, Figura 50, faixas de segurança de plástico transparente maleáveis com diferentes comprimentos para serem fixadas nos recortes do dispositivo com botões de pressão ou adesivados, Figura 50 - a, e suportes em acrílico com abraçadeiras articuladas para suporte dos membros, Figura 50 - b, em diferentes alturas e posições.

FIGURA 50 - SUPORTES DO DISPOSITIVO

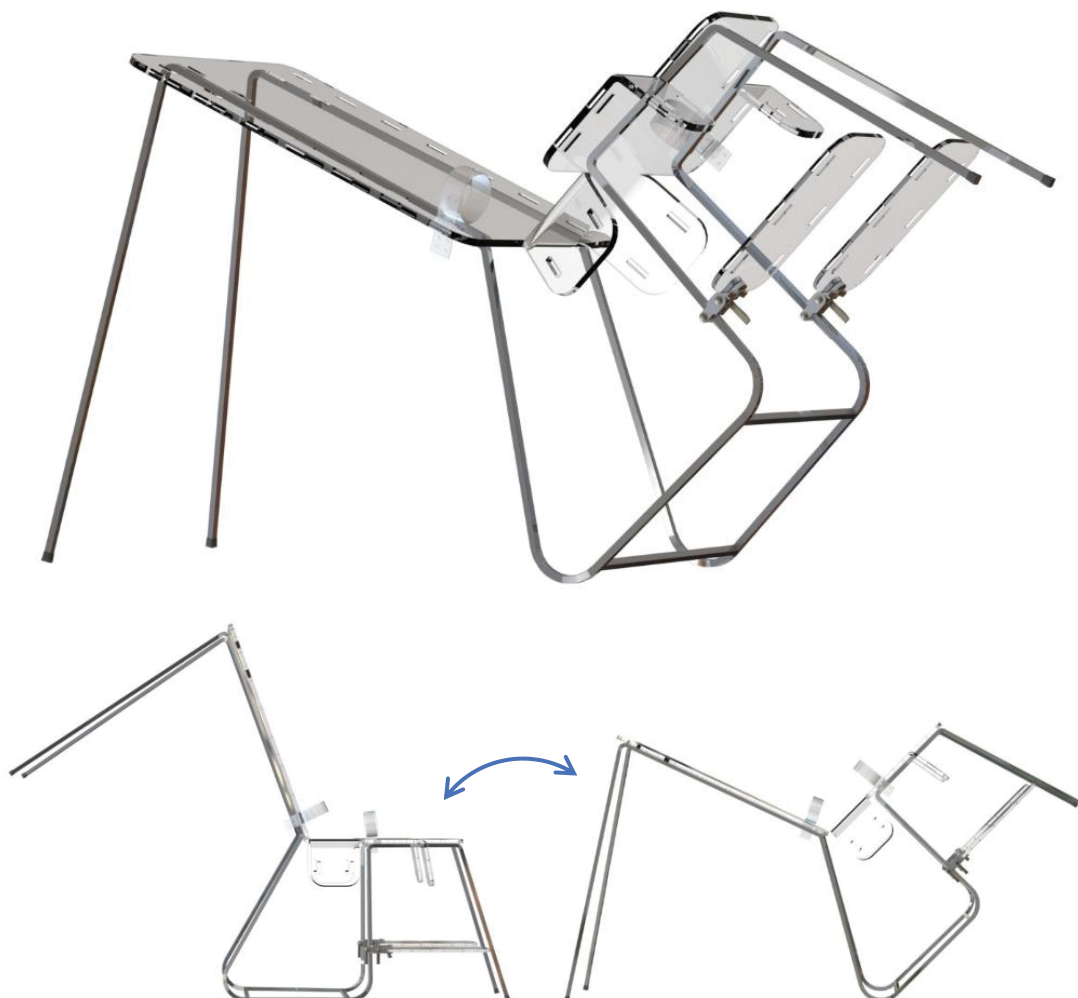


LEGENDA: a) faixas de segurança de plástico transparente; b) suportes em acrílico.

FONTE: A autora (2022).

O dispositivo ortoposicionador completo gerado, após os aprimoramentos, pode ser visualizado na Figura 51. No item que segue, 5.2.2.3, é feito o detalhamento do dispositivo para fabricação e montagem (requisito 3.1.10 - Quadro 21) e no próximo, 5.2.2.4, é apresentado o seu guia de uso (requisito 3.2.1 - Quadro 21).

FIGURA 51 - DISPOSITIVO ORTOPOSIONADOR



FONTE: A autora (2022).

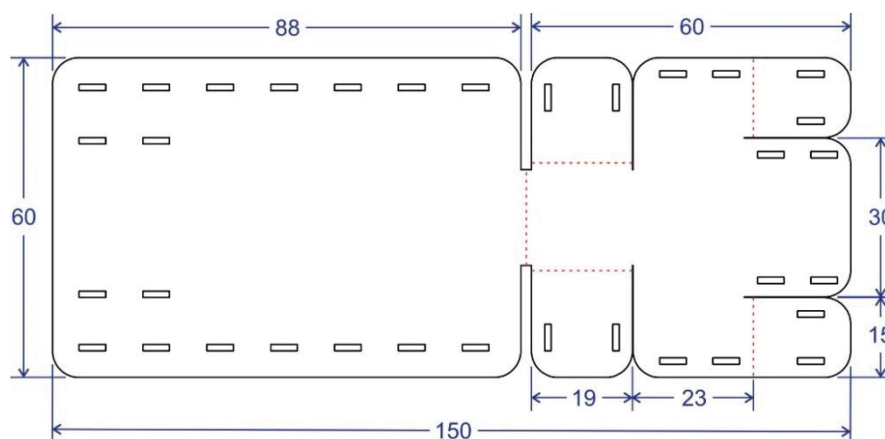
5.2.2.3 Detalhamento da fabricação do dispositivo

O dispositivo e seus módulos podem ser fabricados primariamente em acrílico e em perfil quadrado de aço com a adição de ferragens disponíveis no mercado com niveladores para os pés e braçadeiras para os suportes. O assento pode ser fabricado com uma chapa de 1500 x 600 x 15 mm e os pés com um perfil quadrado de 15 x 15 x 9400 mm de comprimento. Para a fabricação do dispositivo são usados apenas corte à laser em acrílico, dobra de acrílico, e de corte, dobra e solda de tubos metálicos. A união das partes é feita por parafuso para facilitar a troca e descarte dos componentes. Os suportes têm fabricação variada que envolve a união de componentes cortados à laser e ferragens pré-fabricadas ou impressas em 3D.

O primeiro componente a ser produzido é o assento via corte à laser como na ilustração da Figura 52 e posterior adição de dobras nos locais indicados com as

marcas pontilhadas em vermelho. A dobra entre o assento e o encosto é de 110° , a dobra dos joelhos 80° e a de abdução das pernas para a posição supina de 70° .

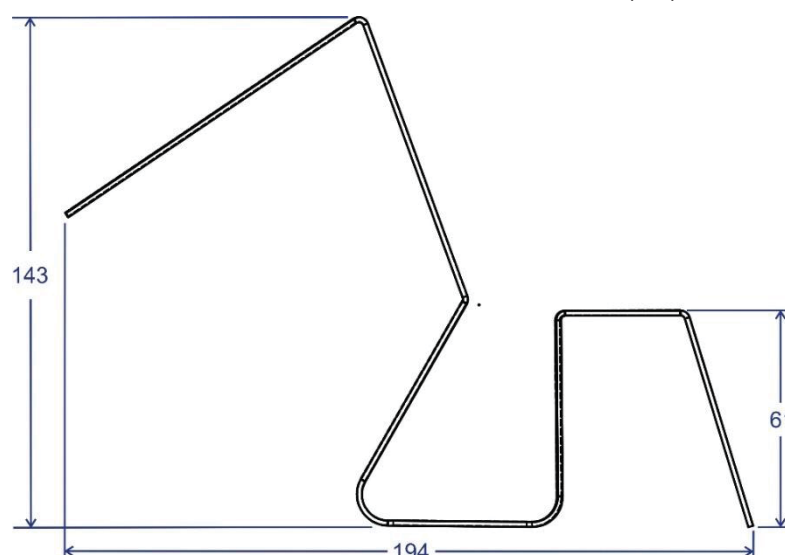
FIGURA 52 - PLANO DE CORTE DO ASSENTO (cm)



FONTE: A autora (2022).

O segundo componente consiste nos pés que são fabricados com dobra do perfil metálico, Figura 53, soldagem e colocação das ferragens de acabamento. Os tubos são de perfis quadrados para aumentar a área de contato com o acrílico e permitir a união direta entre as partes por meio de parafusos.

FIGURA 53 - PERFIL LATERAL DOS PÉS (cm)

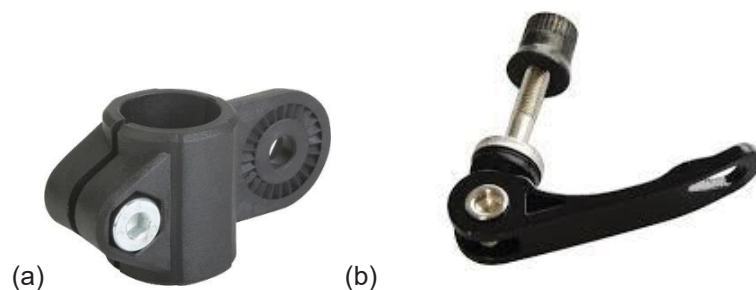


FONTE: A autora (2022).

Os módulos dos suportes são de dois tipos que têm fabricação diferenciada. O primeiro tipo consiste em recorte de faixas plásticas transparentes de diferentes comprimentos e em seguida a adição de botões de pressão em espaçamentos de

20 mm. O segundo tipo é feito por corte à laser do acrílico e montagem deste em abraçadeiras articuladas, Figura 54 - a, com feixes rápidos, Figura 54 - b.

FIGURA 54 - COMPONENTES PRÉ-FABRICADOS DO SUPORTE



LEGENDA: a) braçadeira articulada; b) feixe rápido.

FONTE: A autora (2022).

Para a junção entre os pés e o assento, é feita uma pré-montagem com sargentos para a marcação da localização dos furos nos tubos metálicos que são então furados e fixadas com parafusos, porcas e anéis de borracha entre o acrílico e o metal. O detalhe dessa montagem é apresentado na Figura 55.

FIGURA 55 - DETALHE DE MONTAGEM DO DISPOSITIVO



FONTE: A autora (2022).

Com o dispositivo fabricado e montado segundo as especificações, é possível fazer o seu uso com base no guia que é apresentado a seguir.

5.2.2.4 Guia de uso do dispositivo ortoposicionador

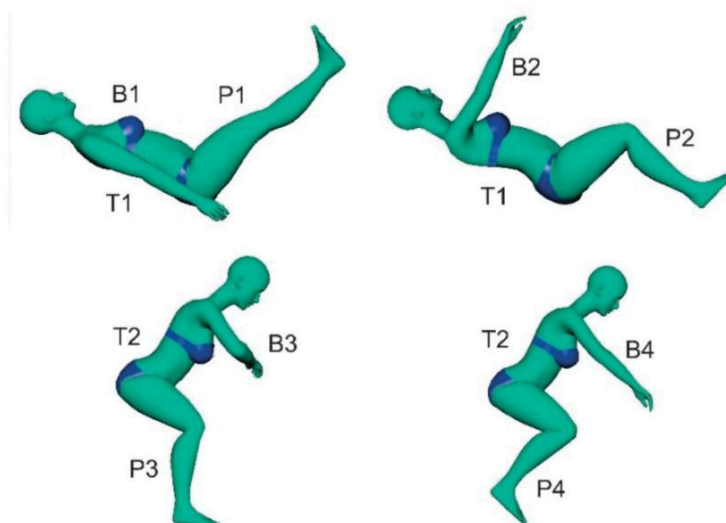
Para o uso do dispositivo é necessário compreender as posições que podem ser adotadas, os suportes que podem ser utilizados, quais suportes são necessários

para o participante atingir a posição selecionada, o processo de transferência do participante para o dispositivo, o posicionamento do participante para a digitalização e o processo de limpeza e manutenção do dispositivo.

1. Posições que podem ser adotadas com o dispositivo.

Com o dispositivo é possível a realização de pelo menos quatro posições de membros superiores (B1 à B4), quatro posições de membros inferiores (P1 à P4) e duas posições de tronco (T1 e T2) (requisito 4.2.1 - Quadro 22). Cada uma das posições pode ser realizada simetricamente, com os dois membros na mesma posição ou assimetricamente, com cada membro em uma das posições de membros superiores e inferiores, Figura 56. Além disso, a única pose que exige luta contra a gravidade é a B2 que pode ser substituída pela B1 que não a exige pois está apoiada no encosto (requisito 3.3.7 - Quadro 21). Com os recortes é possível garantir o espaçamento dos membros mesmo quando apoiados (requisito 3.1.3 - Quadro 21).

FIGURA 56 - POSIÇÕES POSSÍVEIS COM O DISPOSITIVO



LEGENDA: As posições de membros superiores estão apontadas como B1, B2, B3 e B4, as de membros inferiores como P1, P2, P3 e P4 e as de tronco como T1 e T2.

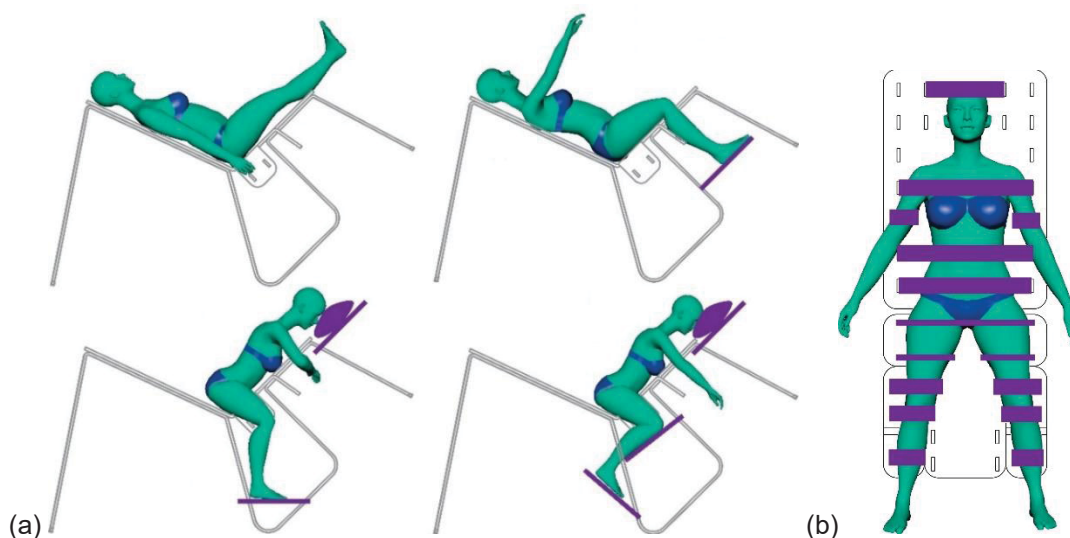
FONTE: A autora (2022).

Outras variações de postura também são possíveis, como membros superiores afastados ao lado e membros inferiores em diferentes angulações de acordo com as capacidades do participante e finalidade da digitalização (Requisito 4.2.2 - Quadro 22). O primeiro passo para o uso do dispositivo é a seleção das posturas que serão adotadas pelos participantes e a sua ordem, iniciando com as supinas.

2. Suportes necessários e auxiliares para cada posição.

Para as posturas descritas são fornecidos suportes rígidos com engates rápidos (em roxo) que podem ser reposicionados para suporte de cada posição como ilustrado na Figura 57 - a, e ainda, no geral, é possível a fixação do corpo inteiro com faixas de segurança maleáveis de silicone ou PVC transparente com feixes de pressão ou adesivos assim como esquematizado na Figura 57 - b.

FIGURA 57 - SUPORTES E FAIXAS DE SEGURANÇA DO DISPOSITIVO



LEGENDA: a) suportes particulares para cada posição; b) faixas de segurança para fixação do corpo.

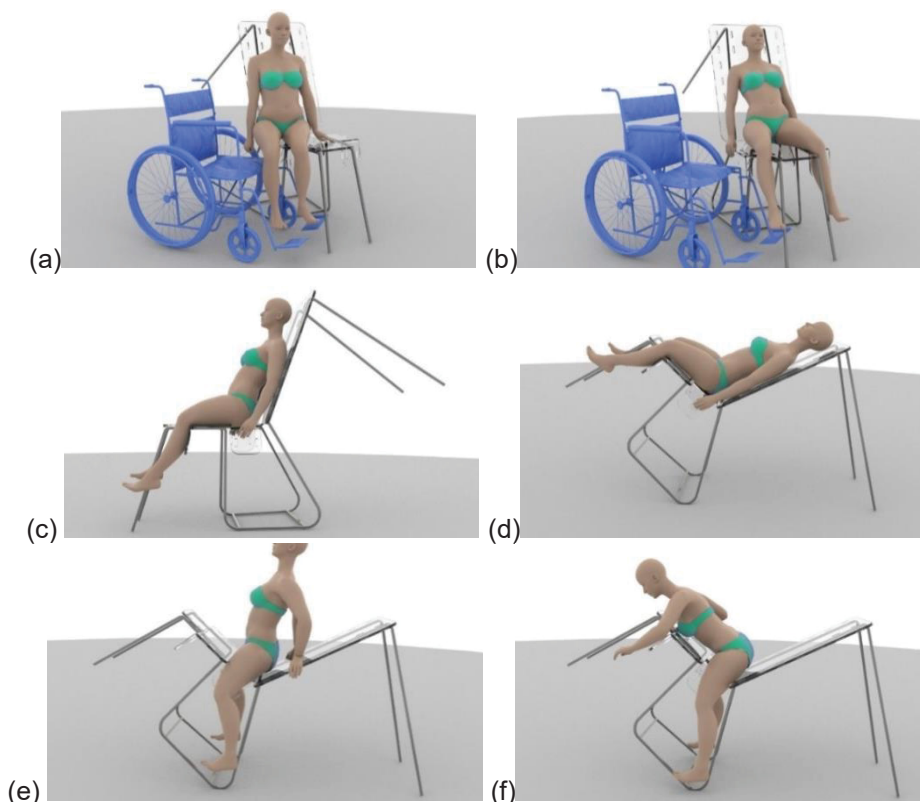
FONTE: A autora (2022).

Após a seleção da posição é preciso determinar quais faixas e suportes são necessários para o posicionamento do participante. Previamente ao posicionamento, esses suportes devem ser montados ao dispositivo para permitir o posicionamento.

3. Etapas de transferência do paciente para o dispositivo.

De maneira a simplificar o processo de transferência da pessoa para o dispositivo, este possibilita uma posição, chamada de posição de transferência, em que o assento fica na altura ideal para transferência, Figura 58 - a. Assim o participante pode transferir-se com ou sem auxílio e colocar-se na posição supina com as costas e inferior das coxas encostados ao assento, Figura 58 - b, em seguida o dispositivo pode ser retornado à posição neutra, de Figura 58 - c para Figura 58 - d, e feita a digitalização, caso seja necessária a posição prona, Figura 58 - f, é possível deslocar os membros inferiores do participante para os recortes laterais do dispositivo e rotacionar frontalmente o corpo para que fique na posição prona, Figura 58 - e.

FIGURA 58 - TRANSFERÊNCIAS DO DISPOSITIVO



LEGENDA: a) posição de transferência; b) posição supina; c) corpo apoiado no dispositivo; d) reposicionamento para posição de escaneamento; e) adoção da posição prona; f) posição prona.

FONTE: A autora (2022).

Para a retirada ou saída do participante do dispositivo este deve realizar os passos apresentados na ordem inversa. Para a transferência e adoção das posições o participante pode ser auxiliado por seu acompanhante e/ou pelos pesquisadores (requisito 4.3.2 - Quadro 22). Esse processo deve ser demonstrado à sua realização (requisitos 3.3.9 - Quadro 21 e 4.3.1 - Quadro 22) quantas vezes forem necessárias.

4. Etapas de posicionamento do participante para a digitalização.

Após a transferência para o dispositivo devem ser ajustadas as posições dos suportes bem como colocadas as faixas de segurança selecionadas no terceiro item. A ordem de colocação dos suportes (caso e apenas quais forem necessários) deve iniciar com os suportes de posicionamento, e em seguida colocação das faixas de segurança iniciando com as pernas, quadril, tronco, braços e só então a cabeça na hora exata da digitalização. O participante deve ficar o menor tempo possível com os movimentos restritos (requisito 4.2.7 - Quadro 22) e poder se comunicar durante o escaneamento (requisito 4.3.3 - Quadro 22).

5. Recomendações de limpeza e manutenção do dispositivo

Antes da transferência da pessoa para o dispositivo ele deve ser higienizado. Ao final de cada digitalização deve ser feita a higienização completa do dispositivo com produto de limpeza apropriado, desinfetante sem base de álcool ou acetona, e com especial atenção para as partes que ficam em contato com os participantes. O uso de limpa-vidros pode ser feito caso a transparência do material esteja prejudicada.

Para a manutenção deve ser feita a verificação de todos os componentes bem como da estabilidade do dispositivo. Caso seja encontrada alguma divergência estrutural pode ser feita a desmontagem para a troca de componentes.

5.3 CONSIDERAÇÕES DA FASE DE PROPOSIÇÃO

Neste capítulo é apresentada uma proposta de solução para a viabilização da coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora. Reitera-se que esta não é a única solução que abrange e resolve os problemas encontrados e os requisitos identificados, no entanto, acredita-se que seja uma das soluções possíveis. Para este trabalho a necessidade de tangibilizar a solução em um produto que possa ser produzido, testado e utilizado foi determinante.

Ainda, alguns dos requisitos identificados não podem ser verificados sem o uso do produto, que é feito nas etapas de avaliação que seguem, como a eficiência e eficácia do dispositivo (requisito 3.3.10 - Quadro 21) e do protocolo (requisito 1.3.3 - Quadro 19), a clareza e certeza das informações fornecidas (requisitos 2.2.1 e 2.2.3 - Quadro 20), a rapidez e facilidade da compreensão de atividades e posturas (requisitos 2.2.5 à 2.2.7 - Quadro 20 e 4.1.1 à 4.2.4 - Quadro 22), a carga cognitiva por atividade (requisito 2.2.4 - Quadro 20); o resguardo dos valores dos participantes (requisito 2.3.1 - Quadro 20); as sensações de estabilidade e segurança (requisitos 4.2.5 e 4.2.6 - Quadro 22) e a satisfação dos usuários (requisito 3.3.11 - Quadro 21).

A versão impressa do sistema, de forma corrida e ordenada de acordo com as atividades a serem realizadas, sem as explicações do processo de desenvolvimento, e com as alterações formais no dispositivo decorrentes da sua avaliação na sequência (Capítulo 6.1), tal como apresentada no Apêndice C, é a que foi avaliada e alterada de maneira iterativa por especialistas na Avaliação do sistema (Capítulo 6.2). Após as avaliações e alterações, o sistema é apresentado na sua versão final do Capítulo 7.

6 RESULTADOS DA FASE DE AVALIAÇÃO

A última fase que é a de Avaliação é realizada em diversas etapas sequenciais e iterativas utilizadas para o aprimoramento do sistema. É dividida em avaliação e aprimoramento do dispositivo e em avaliação e aprimoramento do sistema.

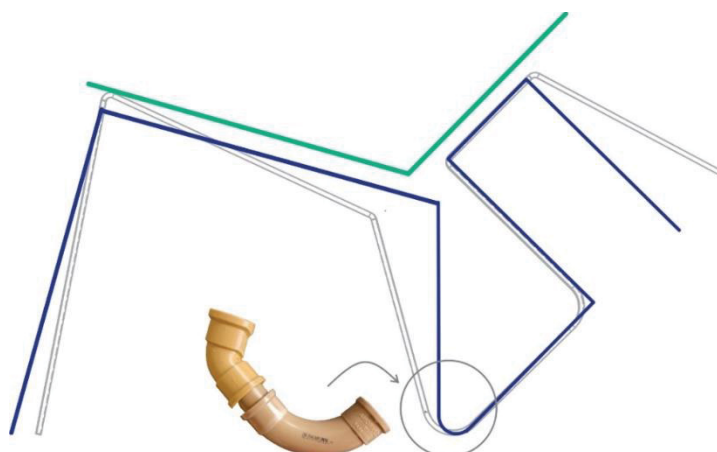
6.1 AVALIAÇÃO E APRIMORAMENTO DO DISPOSITIVO

Nestas etapas são realizadas simulações físicas e virtuais do dispositivo desenvolvido. A finalização desta etapa é a construção e teste do protótipo do dispositivo a ser usado na prototipagem do sistema no Capítulo 7.1. Foram realizadas quatro atividades: avaliação funcional e estrutural do dispositivo via *mockup*; avaliação estrutural do dispositivo via simulação virtual; avaliação funcional do dispositivo via animação 3D e fabricação e avaliação do protótipo do dispositivo.

6.1.1 Avaliação funcional e estrutural do dispositivo via *mockup*

O primeiro passo da avaliação foi a materialização do produto, via um *mockup* de média fidelidade com suas características formais básicas, ou seja, as dimensões de altura, largura e profundidade, a capacidade ficar nas duas posições, a posição de transferência e a de escaneamento. Também se deu importância para a possibilidade de sentar no *mockup* de modo a verificar a angulação do assento e a sensação geral de uso do produto. Planejou-se a produção com materiais facilmente acessíveis, neste caso canos de PVC, chapas de madeira e papelão ondulado.

Primeiramente simplificou-se a forma dos pés dado que as angulações permitidas pelos joelhos de PVC prontamente acessíveis são de 90° e 45°. O único ponto em que não foi possível essa simplificação foi no ponto pivô do produto onde seria necessária uma angulação de 60° para comportar a forma do produto. Para isso foi modelado em impresso em 3D um joelho personalizado para que em conjunto com um de 90° cumprisse essa função. A simplificação das geometrias e o joelho impresso em conjunto com o de 90° podem ser visualizados na Figura 59. Para o assento a única alteração formal realizada foi a retirada dos raios das suas bordas. Com esse plano partiu-se para a construção do *mockup*.

FIGURA 59 - PLANO DE CONSTRUÇÃO DO *MOCKUP*

FONTE: A autora (2022).

Inicialmente foi montada a estrutura em PVC e parafusadas duas chapas de madeira para estruturarem o assento e encosto, e por fim foi marcado e recortado o formato do assento em uma chapa de papelão que foi adesivada por cima das chapas de madeira, Figura 60. Essa técnica se mostrou eficiente pois deu estabilidade suficiente para que pudesse ser manipulado e sentado livremente.

FIGURA 60 - *MOCKUP* DO DISPOSITIVO

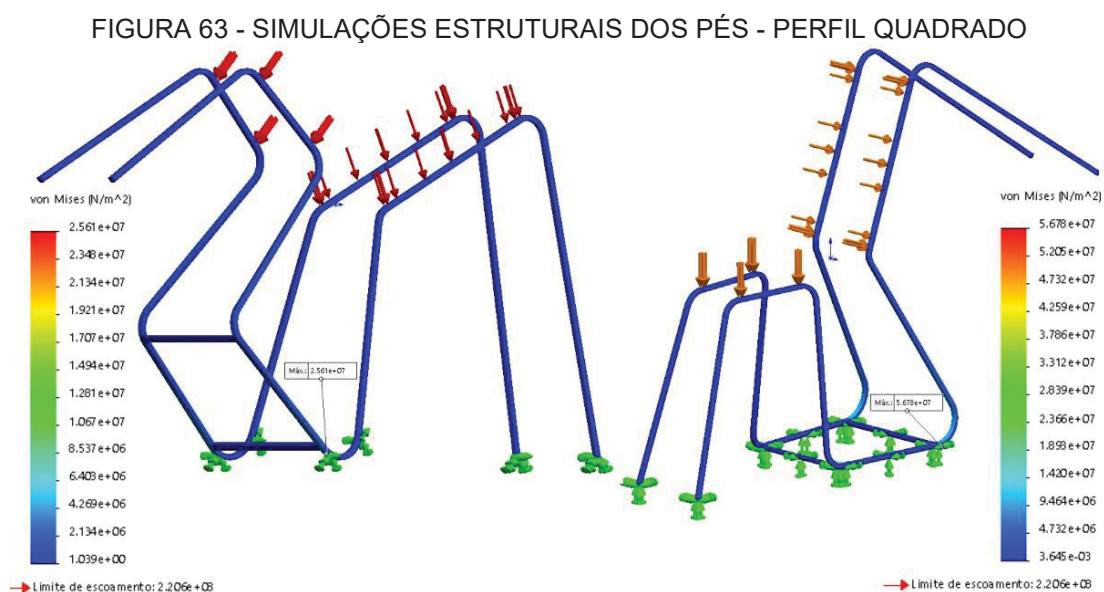
FONTE: A autora (2022).

Com este modelo de média fidelidade foi possível perceber que a localização dos pontos pivô estão corretas e que permitem estabilidade do produto nas duas posições. Sobre os pés percebeu-se que não atrapalham o posicionamento dos membros inferiores do usuário quando sentado e que a distância entre o assento e o chão está adequada. Sobre a parte modelada em papelão, a altura do encosto estava

6.1.2 Avaliação estrutural do dispositivo via simulação virtual

A viabilidade estrutural do dispositivo foi verificada a partir de simulação virtual. Para a simulação, o modelo virtual desenvolvido, já com as alterações indicadas no item anterior, foi adicionado de parâmetros dos materiais determinados (perfil de aço e chapa de acrílico), e feita a montagem com parafusos como descrita no item 5.2.2.3. Os resultados foram comparados com um coeficiente de segurança de valor 3.

Iniciou-se com a simulação estrutural dos pés, Figura 63, visto que, se estáveis o assento poderia ser simulado como suportado pelos parafusos que fazem a união entre as peças. Ainda, visto que a distribuição de pesos e os apoios diferem na posição de transferência da pessoa para o dispositivo e para a posição de escaneamento, as simulações foram feitas nessas duas posições. Os tubos quadrados simulados têm 15 mm de lado e 1,2 mm de espessura.



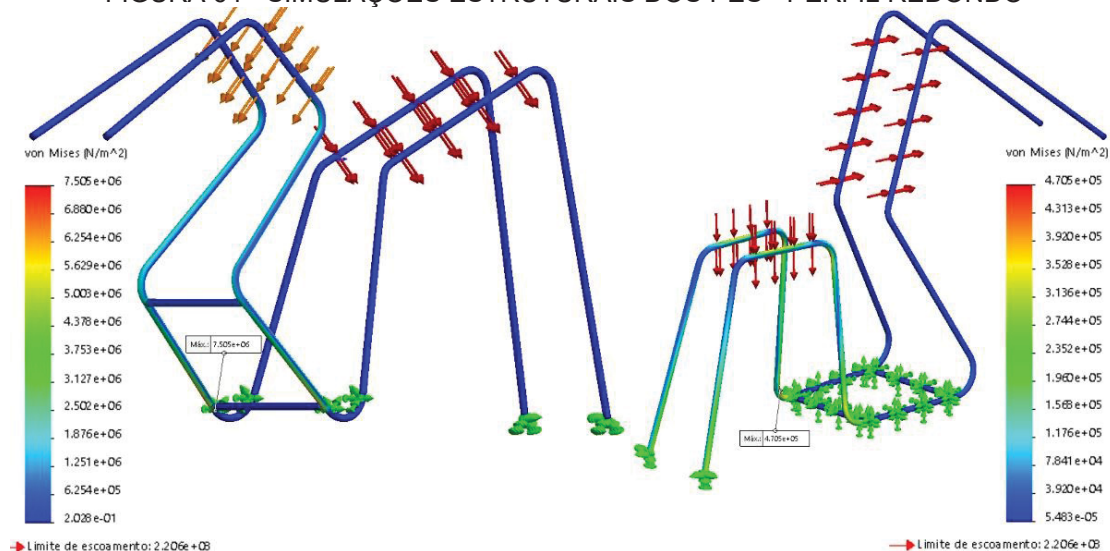
FONTE: A autora (2022).

Pode-se verificar que, nenhuma parte excede o limite de escoamento e que o principal ponto de estresse é no pivô na posição de transferência. Sua tensão mais alta foi 5,678e+07 N/m², quando calculada com o limite de escoamento que é 2,206e+08 N/m² gera um fator de segurança de 3,8, acima do valor estipulado. Cabe ressaltar que esse valor considera que a movimentação livre, mas que em realidade estaria parcialmente fixada pelo assento, o que diminuiria a tensão do ponto pivô.

Para a fabricação simplificada para o protótipo, a simulação foi refeita em um perfil circular de 20 mm de diâmetro, Figura 64, também com 1,2 mm de espessura.

Os resultados para o perfil circular geraram um coeficiente de segurança ainda maior. O maior valor de tensão encontrado foi $7,505\text{e}+06 \text{ N/m}^2$ (que gera um valor de 29,4), o que assegura a estabilidade estrutural tanto do perfil quadrado quanto do circular.

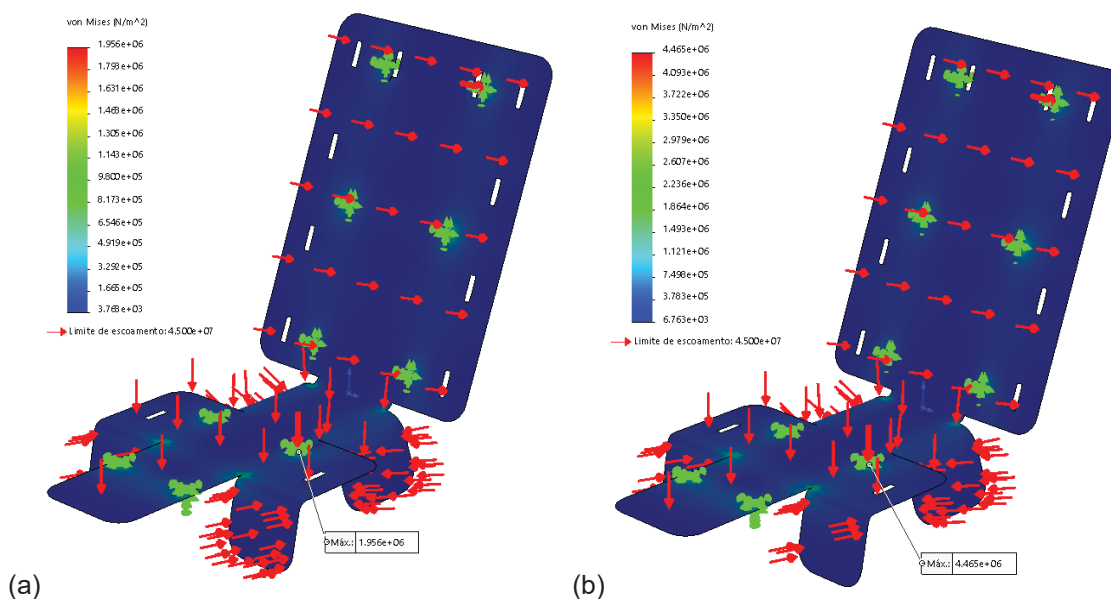
FIGURA 64 - SIMULAÇÕES ESTRUTURAIS DOS PÉS - PERFIL REDONDO



FONTE: A autora (2022).

Na sequência foi feita a simulação do assento, Figura 65, com 15 mm de espessura e com 10 mm de espessura. As simulações consideram que o assento está fixado pelos dez furos passantes (indicados em verde) por meio de parafuso e porca.

FIGURA 65 - SIMULAÇÕES ESTRUTURAIS DO ASSENTO DISPOSITIVO



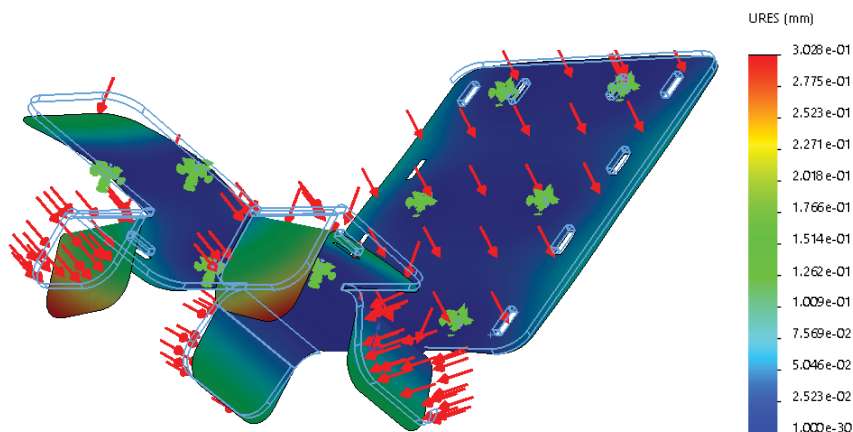
LEGENDA: a) Assento com 15 mm de espessura; b) Assento com 10 mm de espessura.

FONTE: A autora (2022).

Primeiramente foi simulado o assento de 15 mm, assim como indicado no projeto, obtendo-se um valor de tensão máxima de $1,956 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ que quando feita a razão com o limite de escoamento $4,500 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, gera um valor de 23, bem acima do coeficiente de segurança estipulado. Assim, diminuiu-se a espessura, o que diminui também o custo do material e consequentemente o custo final do dispositivo, tornando-o mais acessível. Feita a simulação com 10 mm obtiveram-se valores máximos de tensão de $4,465 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, o que gera um valor de coeficiente de segurança igual a 10, que ainda está acima do fator de segurança determinado de 3.

Ainda, por causa da maleabilidade do acrílico, outra preocupação foi a deformação excessiva do material ao suportar o peso do participante, que poderia causar sensação de insegurança. Na Figura 66 apresenta-se a representação visual da deformação simulada exagerada em 50 vezes para facilitar a visualização. As linhas azuis indicam o formato original sem deformação. A maior deformação é encontrada no recorte frontal de apoio das pernas com 3 mm de deslocamento, valor que se acredita seja imperceptível no momento de uso.

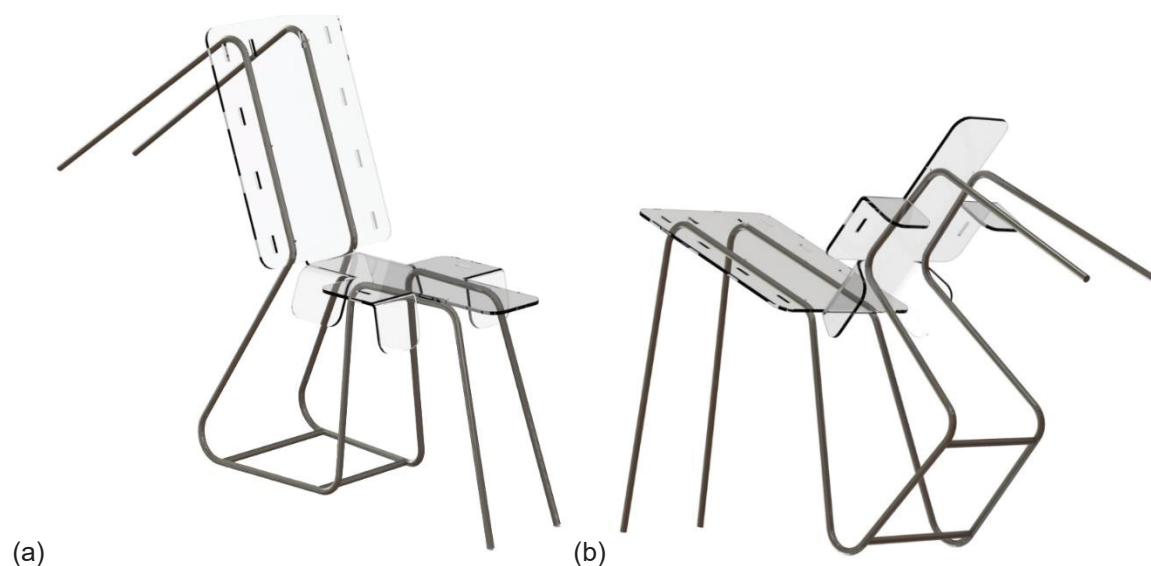
FIGURA 66 - SIMULAÇÃO DE DEFORMAÇÃO DO ASSENTO EXAGERADA EM 50 VEZES



FONTE: A autora (2022).

Os resultados das simulações indicam a viabilidade estrutural do dispositivo e do seu protótipo. Acredita-se ainda que a espessura do assento poderia ser menor, mas para garantir a sensação de segurança dos usuários e por ser difícil averiguar a qualidade e proveniência do material usado na fabricação, optou-se por manter a espessura de 10 mm como padrão. Renderizações do dispositivo com as dimensões finais revistas são apresentadas na Figura 67.

FIGURA 67 - RENDERIZAÇÃO DO DISPOSITIVO COM AS DIMENSÕES FINAIS



LEGENDA: a) Dispositivo na posição de transferência; b) Dispositivo na posição de escaneamento.

FONTE: A autora (2022).

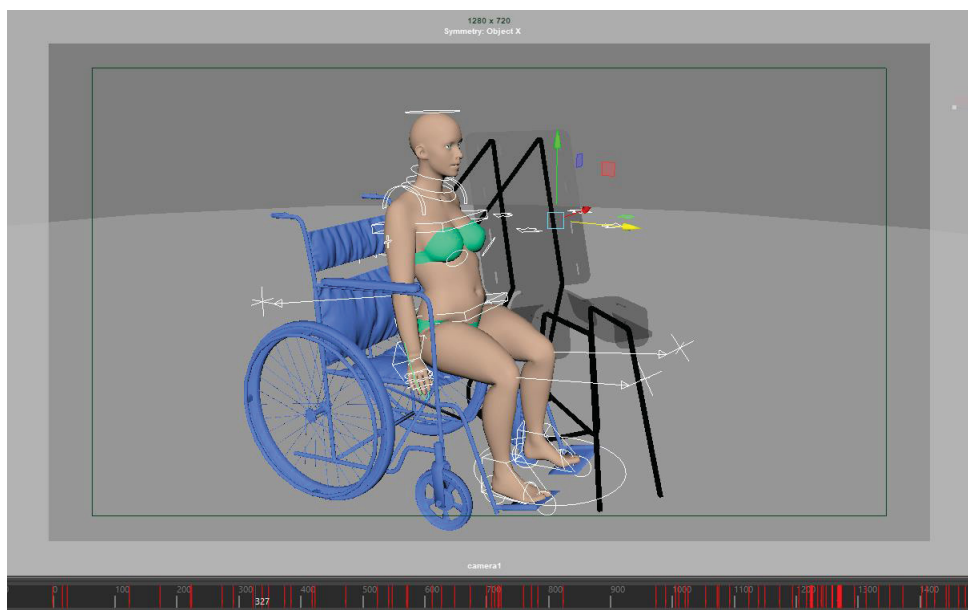
A alteração dimensional na espessura do assento para 10 mm foi aplicada na construção do protótipo juntamente com a base em perfil circular.

6.1.3 Avaliação funcional do dispositivo via animação 3D

Após a simulação estrutural do dispositivo este foi usado para a realização de uma simulação virtual, via uma animação tridimensional, das atividades e posições que podem ser realizadas com o seu uso. Para a animação foi usado um boneco ergonômico com características femininas e dimensões que se aproximam a um percentil de 50, um modelo 3D de uma cadeira de rodas tradicional e o modelo do dispositivo, todos em tamanho real. Tanto o modelo humano quanto a cadeira de rodas foram obtidos gratuitamente do site free3d (www.free3d.com).

Na Figura 68 é possível visualizar os componentes da animação com o boneco 3D, os controles do esqueleto visíveis (linhas brancas), o dispositivo e a cadeira de rodas. Também é possível visualizar o piso infinito e a iluminação global que compõem a cena. Na tela de animação também é possível visualizar o retângulo cinza claro que indica o enquadramento da animação e na linha temporal abaixo os quadros (linhas vermelhas) onde foram marcadas as poses da animação.

FIGURA 68 - CAPTURA DA TELA DA ANIMAÇÃO DO USO DO DISPOSITIVO



FONTE: A autora (2022).

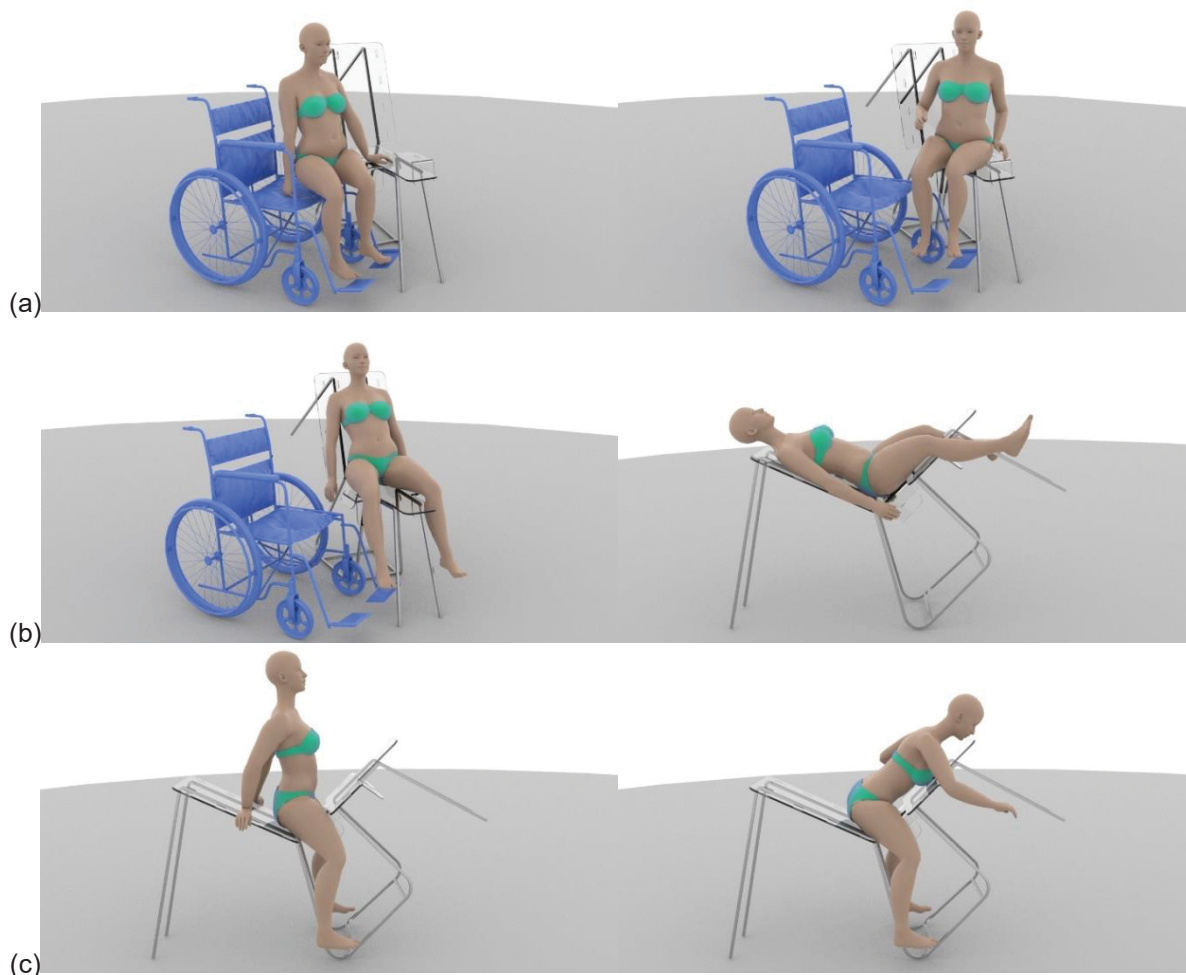
A animação de simulação realizada consiste em três cenas:

1. A abordagem ao dispositivo: a abordagem é feita via cadeira de rodas; ao chegar perto do dispositivo, é feita a preparação para a transferência com a retirada do apoio de braços; após a preparação é feita a transferência (Figura 69 - a).
2. O posicionamento do corpo na pose supina: após a transferência são posicionados os membros nos recortes frontais do dispositivo e apoiado o tronco no encosto; em seguida é feita a rotação do dispositivo para a posição de escaneamento (Figura 69 - b).
3. A transição para a pose prona: os membros inferiores são movidos para os recortes laterais e o tronco é rotacionado frontalmente para a posição prona com o auxílio dos membros superiores que são então posicionados para frente, apoiados nos recortes frontais do dispositivo (Figura 69 - c).

Para a simulação todas as poses e transferências são atingidas sem auxílio para facilitar sua visualização, no entanto principalmente as etapas de transferência para o dispositivo e de transição da pose supina para a prona podem precisar ser realizadas com auxílio, principalmente para participantes sem nenhum tipo de controle nos membros inferiores. A animação dura 63 segundos (1500 quadros) (link: <https://www.youtube.com/watch?v=4JTTcrroTWg>). Na animação inicial não foram

colocados os suportes, mas esses são essenciais para a fixação do participante, principalmente para o apoio dos membros inferiores na angulação correta.

FIGURA 69 - QUADROS DA ANIMAÇÃO DO USO DO DISPOSITIVO

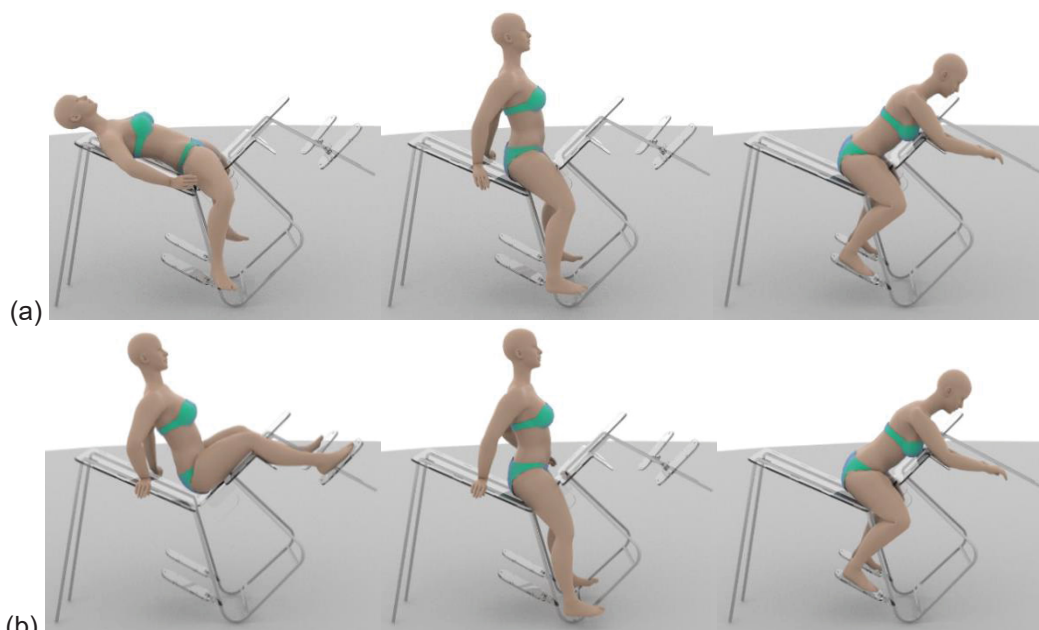


LEGENDA: a) Quadros da cena de transferência; b) Quadros da cena de posicionamento supino; c) Quadros da cena de posicionamento prono.

FONTE: A autora (2022).

Da simulação chegaram-se à algumas considerações: a transição da cadeira para o dispositivo pode ser um ponto de insegurança e é preciso que alguém esteja do outro lado do dispositivo para que haja um contrapeso, visto que é aplicada uma força em apenas um dos lados. Ao rotacionar o dispositivo para a posição neutra (de escaneamento) é preciso que o participante esteja devidamente apoiado para que seja mais segura a movimentação. A adoção da pose prona pode ser feita de duas maneiras: da maneira com que foi animada, movendo os membros inferiores e depois o tronco ou movendo o tronco até a posição média, depois os membros inferiores e finalizando a movimentação do tronco, Figura 70.

FIGURA 70 - PROCEDIMENTOS DE TRANSFERÊNCIA PARA A POSIÇÃO PRONA



LEGENDA: a) transferência movendo os membros inferiores seguidos do tronco; b) transferência movendo o tronco até a posição média, depois os membros inferiores seguidos do tronco.

FONTE: A autora (2022).

Após essas considerações a animação foi ajustada com os suportes para que seja adicionada junto ao guia do dispositivo. A animação final pode ser acessada no link: <https://www.youtube.com/watch?v=jS2DmgBsO7w>. Esta animação é a que foi disponibilizada para os especialistas avaliadores da próxima etapa.

6.1.4 Fabricação e avaliação do protótipo do dispositivo

Após as últimas alterações dimensionais no dispositivo, iniciou-se o processo de fabricação do protótipo. Como descrito, a única alteração deste para o produto projetado é o formato dos perfis que são circulares ao invés de quadrados e o diâmetro desses perfis que é de 20 mm de lado para os perfis quadrados. A fabricação dos componentes do dispositivo consistiu na criação de arquivo vetorizado para o corte a laser do acrílico de 10 mm com as informações das dobras, a criação de um *template* para o corte e a dobra dos perfis metálicos que foram calandrados manualmente e a soldagem das barras dos pés. Esses processos de fabricação foram terceirizados.

Após o recebimento dos componentes, a montagem foi realizada pela própria pesquisadora, com a marcação dos pontos de fixação por parafusos, furação com furadeira manual e montagem com parafusos, porcas e arruelas de borracha para a proteção do acrílico. A montagem foi realizada conforme o plano original. O protótipo

do dispositivo montado pode ser visualizado na Figura 71. O produto final é leve e pode ser movido por uma pessoa e carregado facilmente por duas pessoas.

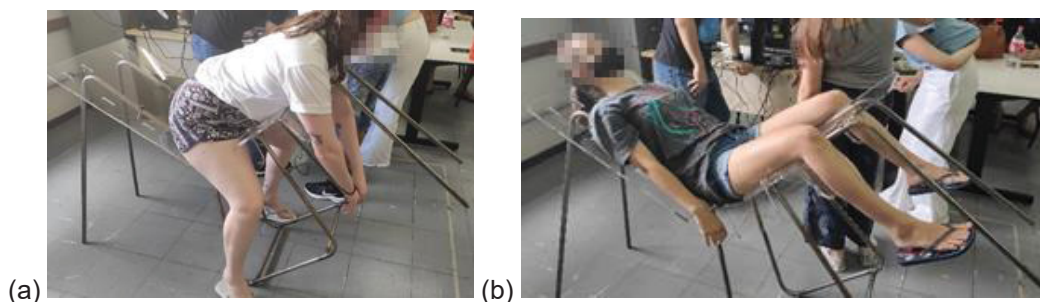
FIGURA 71 - PROTÓTIPO DO DISPOSITIVO



FONTE: A autora (2022).

Após a montagem foram realizados testes iniciais para a verificação do funcionamento do dispositivo e para definição dos parâmetros de escaneamento. Participaram desses testes seis pessoas sem deficiência com alturas entre 1,50 m e 1,70 m e pesos entre 45kg e 80kg. Na Figura 72 é possível visualizar os participantes dos dois extremos dimensionais descritos. Os seis participantes participaram de testes de posicionamento e três deles foram digitalizados na posição supina e na pose prona.

FIGURA 72 - PARTICIPANTES EM TESTE DO DISPOSITIVO



LEGENDA: a) Participante com 1,70 m e 80 kg; b) Participante com 1,50 m e 45 kg.

FONTE: A autora (2022).

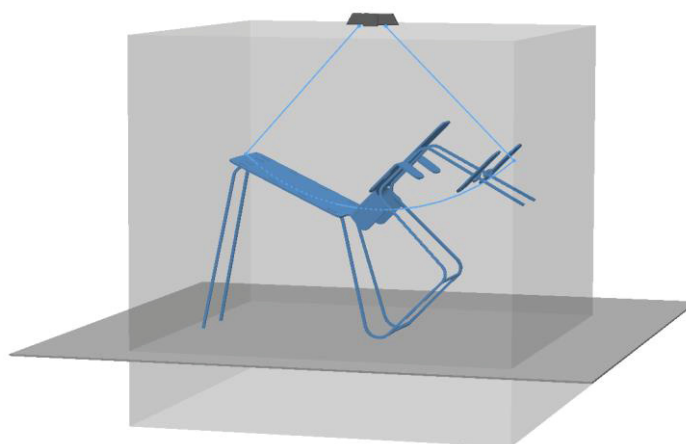
Nos testes de posicionamento foi testada a transferência para o dispositivo, adoção da pose supina, rotação do dispositivo para a posição neutra de escaneamento e transição para a pose prona. Desses testes iniciais verificou-se que todos os participantes conseguiam adotar as posições planejadas, que o dispositivo é

estável nas duas posições e que, mesmo com a movimentação dos participantes, como no caso da transferência para a pose prona, este se mantém estável. A pose supina foi descrita como confortável e que poderia ser mantida por bastante tempo.

Nessa primeira etapa dos testes verificou-se também que a transferência para o dispositivo podia ser realizada pela lateral, tal como na simulação; que a rotação do dispositivo para a posição neutra causava maior sensação de segurança quando feito por duas pessoas, uma na frente do dispositivo e outra atrás, pois era mais fácil o controle da movimentação; e que a pose prona podia ser desconfortável para alguns participantes, pela largura do espaço entre os recortes e também pela falta dos apoios que faziam com que os membros inferiores se estendessem para que encostassem no chão. Essa questão é reavaliada após a fabricação e colocação dos suportes.

Em seguida partiu-se para a definição dos parâmetros de escaneamento, pois, os parâmetros tradicionais do escâner consideram a pessoa em pé, dificultando a captura com elas sentadas e reclinadas como é a posição que ficam usando o dispositivo. Por este motivo foi necessário aumentar a área de escaneamento e também modificar a posição do escâner para o início do escaneamento girando o escâner na horizontal para que alcançasse todo o corpo dos participantes, Figura 73.

FIGURA 73 - ESQUEMA DOS PARÂMETROS DE ESCANEAMENTO



FONTE: A autora (2022).

Os parâmetros de escaneamento são: caixa delimitadora de 2 x 2 m e início da digitalização com o escâner apontado para baixo de modo que englobe toda parte superior do participante (da cabeça até os pés), girando-o horizontalmente de modo a acompanhar o comprimento do participante. Dado esse início, o escaneamento pode ocorrer normalmente, pois a caixa delimitadora foi corretamente posicionada.

Na sequência foram digitalizados três participantes nas posições supina e prona. Por se tratar de um teste para avaliação do funcionamento do dispositivo não foi pedido que os participantes trocassem de roupa. O resultado dos escaneamentos na posição supina (pose T1 B1 P2) pode ser verificado no Quadro 30. Os rostos dos participantes foram suavizados para que não pudessem ser reconhecidos. Para o primeiro participante as costas não foram digitalizadas pois houve movimentação brusca do escâner no momento de passagem do cabo e o escaneamento foi encerrado antes da coleta desta parte. Optou-se por manter a malha com erros por evidenciar a recomendação de procedimentos. Nesse caso o cuidado com o cabo deve ser maior pois pode se enredar no dispositivo. Recomenda-se que o escaneamento seja acompanhado por um auxiliar que faça o gerenciamento do cabo.

QUADRO 30 - RESULTADOS DO ESCANEAMENTO NA POSE SUPINA

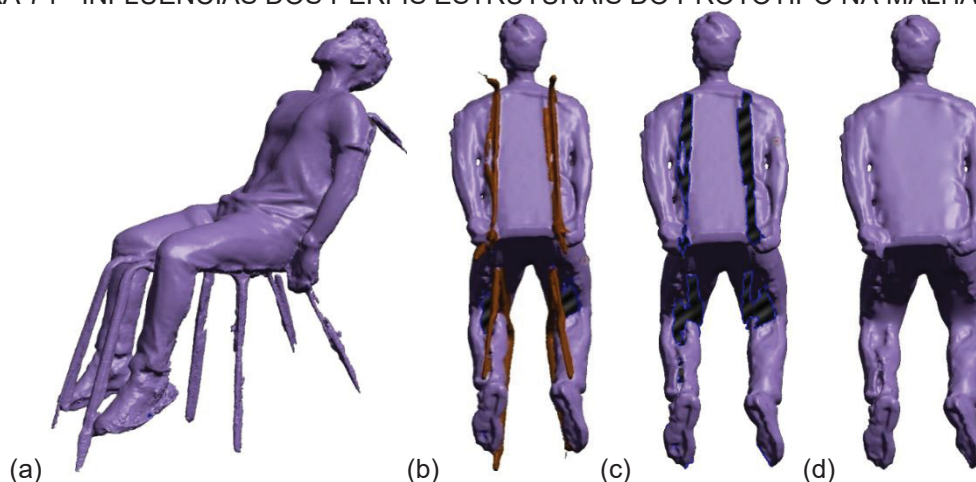
	<i>Vistas</i>			
	<i>Perspectiva 1</i>	<i>Perspectiva 2</i>	<i>Frente</i>	<i>Lado</i>
<i>Participante 1</i>				
<i>Participante 2</i>				
<i>Participante 3</i>				

FONTE: A autora (2022).

Pode-se verificar a possibilidade de obtenção de malhas completas do corpo inteiro e com as morfologias reais. Ao comparar os resultados do escaneamento com os experimentos realizados na fase de Exploração, durante a digitalização, e na análise das malhas, não foram percebidas falhas advindas de movimentações. Além disso, a única fusão de geometrias foi a dos membros superiores. Por esse motivo sugere-se que seja requisitado aos participantes que afastem mais os membros superiores, pois ainda assim estariam apoiados no assento.

Ao contrário das digitalizações realizadas no experimento onde foi usada a cadeira comercial, não foram encontrados objetos estranhos gerados pelos reflexos das partes do dispositivo. Toda a geometria das costas e inferior das coxas pôde ser captada e os locais de transição entre o corpo apoiado ou não no dispositivo não são marcantes pois grande parte do corpo fica completamente apoiada. Esses resultados indicam que a configuração formal do dispositivo resolve os problemas identificados nos experimentos. Também, como esperado, algumas partes das pernas do dispositivo foram captadas pelo escâner, Figura 74 - a, no entanto, puderam ser facilmente eliminadas com os passos do guia de correção, Figura 74 - b, c e d.

FIGURA 74 - INFLUÊNCIAS DOS PERFIS ESTRUTURAIS DO PROTÓTIPO NA MALHA OBTIDA



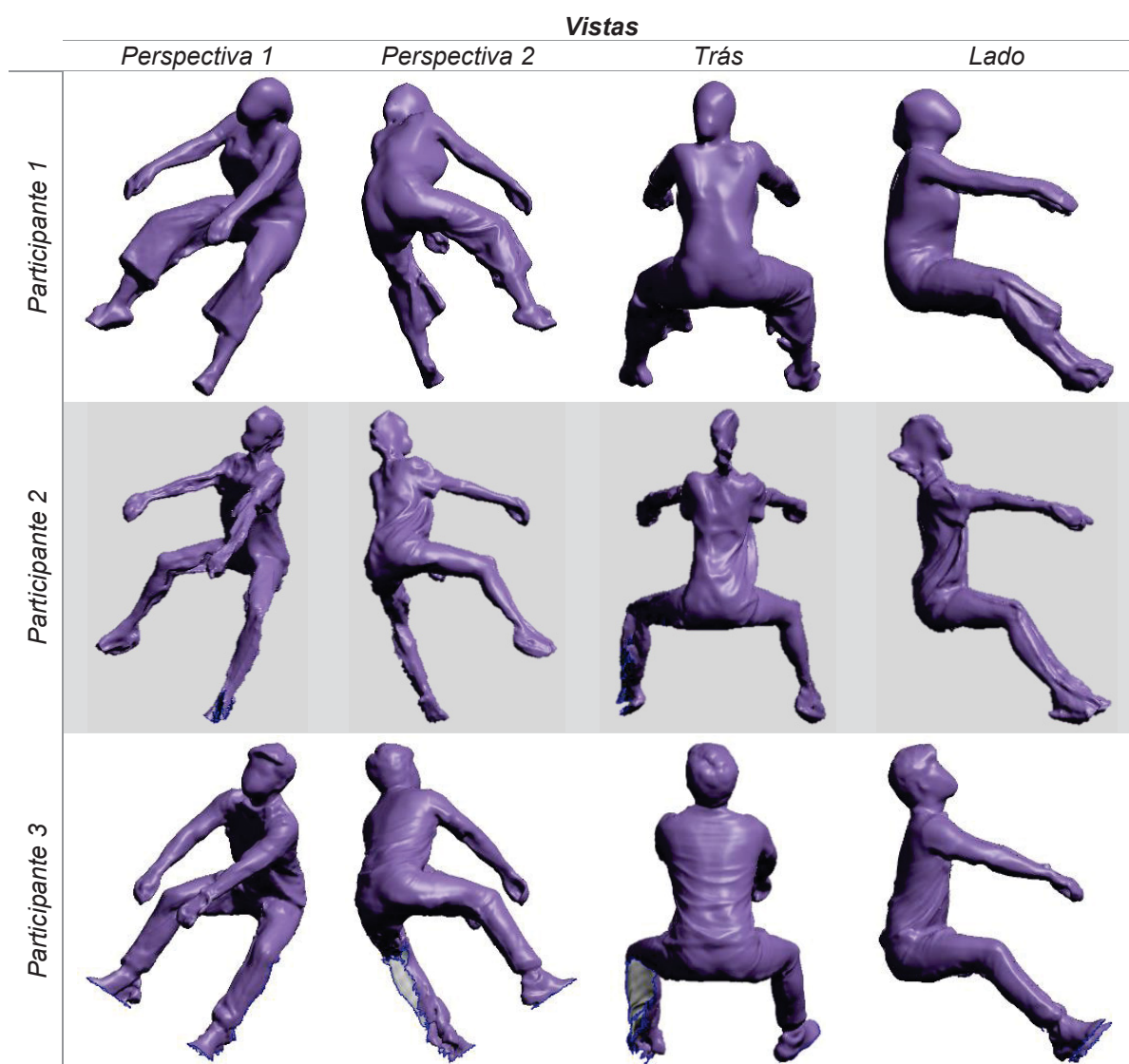
LEGENDA: a) Malha sem correção; b) Malha com geometrias dos perfis selecionadas; c) Malha com a retirada das geometrias dos perfis; d) Malha corrigida.

FONTE: A autora (2022).

Outro fator percebido, e esperado, foi que as partes moles do corpo se conformaram às partes lisas do assento. Para a complementação dessa malha com deformações que foi projetada a posição prona, a qual foi testada na sequência. Assim, os participantes também foram digitalizados na posição prona (pose T2 B4

P3), com sucesso, Quadro 31. Para esse teste, os suportes de posicionamento ainda não haviam sido fabricados, e por isso os participantes estão com os pés apoiados no chão. Para o escaneamento na posição prona tomou-se especial atenção para que os participantes mantivessem as costas e quadril na sua posição natural.

QUADRO 31 - RESULTADOS DO ESCANEAMENTO NA POSE PRONA



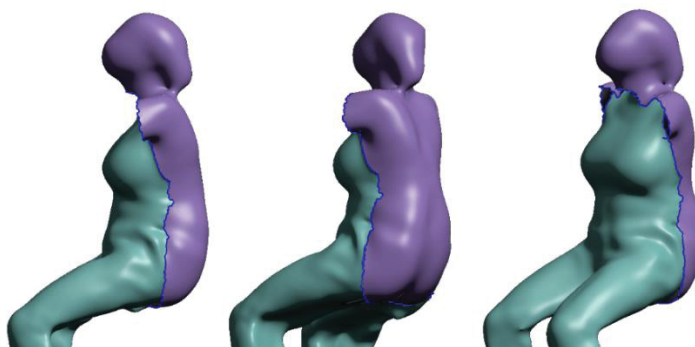
FONTE: A Autora (2022).

Sobre esses resultados, como estavam ainda sem os apoios, a geometria dos pés e panturrilhas não foi coletada corretamente. Ainda, essa posição afetou a malha da Participante 2 de menor estatura pois não conseguia ficar completamente apoiada no chão, o que tornava a pose instável e gerou movimentação na cabeça e membros. Pode-se verificar também que as malhas têm deformação na parte frontal do corpo, agravada pelas roupas largas e para a participante 1 pelos seios que se deformam

pelo apoio do tronco. No entanto, as malhas cumprem com o esperado da coleta da geometria completa das costas e inferior das coxas. Estas ficam estáveis e como o tronco está completamente apoiado não sofre movimentação involuntária.

Após essa etapa de digitalizações testou-se a união das malhas supina e prona para a formação de uma malha sem a intervenção do dispositivo. Utilizaram-se as malhas da participante 1, que usava as roupas mais ajustadas ao corpo, o que permitia a visualização de sua geometria. Foram usados dois pontos de referência, o ponto anatômico acromial (ombro) e o cócs da calça que causa uma marcação em todo entorno da participante. Foi criada uma malha que soma os dois lados do corpo não deformados pelo contato com o dispositivo, Figura 75.

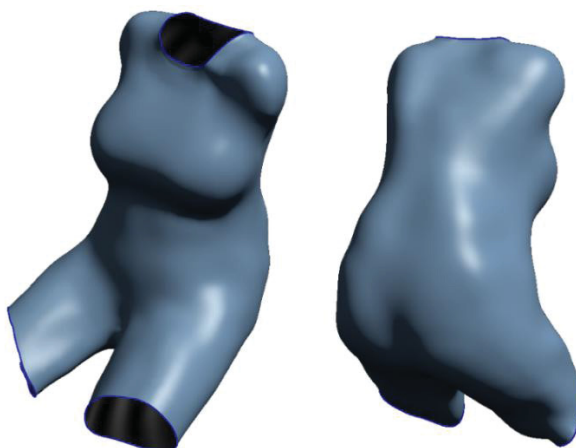
FIGURA 75 - COMPOSIÇÃO DAS MALHAS DA PARTICIPANTE 4



FONTE: A autora (2022).

Após o seu posicionamento, a malha foi unida e suavizada. O resultado foi uma malha completa com todas as geometrias e sem deformação, Figura 76. A partir dessa malha poderia ser realizada a fabricação de assentos, órteses de tronco e vestuários.

FIGURA 76 - MALHA COMBINADA PARA UTILIZAÇÃO DAS GEOMETRIAS



FONTE: A autora (2022).

O resultado dos testes com o protótipo indica que o projeto desenvolvido e soluções encontradas para as questões de posicionamento, movimentação, acesso com o escâner e transição entre poses, entre outros, foram solucionados para pessoas sem deficiência. Essa verificação com pessoa com deficiência e em contexto de aplicação do sistema é feita com a prototipagem do sistema no Capítulo 7.1.

Após esses testes iniciais, iniciou-se a construção dos protótipos dos suportes de posicionamento dos membros e das faixas de segurança. Os suportes foram fabricados com ferragens comerciais e chapas de acrílico cortadas à laser, Figura 77. Os componentes são uma abraçadeira com revestimento de borracha, um espaçador, um feixe rápido, e uma ferragem em L rebitada em uma ferragem para embutir prateleiras de vidro. O uso do suporte em L permite a angulação da chapa para cima e para baixo, Figura 77 - b. O feixe rápido garante a movimentação dos suportes.

FIGURA 77 - FABRICAÇÃO E COMPONENTES DOS SUPORTES



LEGENDA: a) Componentes dos suportes; b) Suportes montados em diferentes angulações.

FONTE: A Autora (2022).

A construção das faixas de segurança foi simplificada a partir do recorte de faixas de PVC cristal maleável, em diferentes comprimentos, e na largura dos recortes do dispositivo (50 mm) que podem ser fixadas por meio de fita adesiva transparente. Optou-se por essa alteração para que houvesse menos intervenção de espessuras e materiais no momento do escaneamento e para que pudesse ser exatamente ajustada ao corpo. Além disso a fita adesiva é facilmente retirada e recolocada conforme necessário e não interfere na digitalização, por ser transparente.

6.2 AVALIAÇÃO E APRIMORAMENTO DO SISTEMA

A avaliação foi realizada a partir da aplicação da ferramenta de passo a passo cognitivo (NIELSEN, 1994) onde os participantes descreviam como entendem as atividades a serem realizadas, como realizariam as tarefas indicadas pelo protocolo, e suas dúvidas acerca do sistema. As avaliações foram consecutivas e a cada avaliação foi gerada uma nova versão aprimorada do sistema para que fosse avaliado pelo próximo especialista. Nas discussões que seguiram a aplicação da ferramenta apresentavam-se as alterações previamente realizadas e questionava-se sobre conteúdo, formato e funcionamento do sistema. O roteiro consta no Apêndice A.

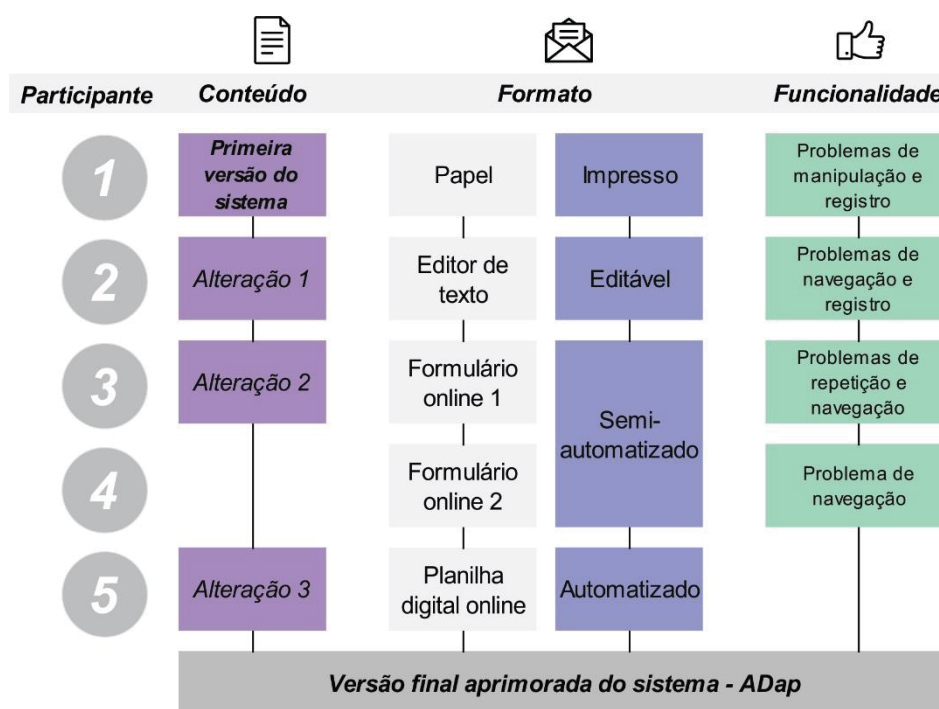
Participaram da avaliação 5 especialistas via videoconferências individuais. Todos os participantes são descritos e referenciados com pronomes masculinos para preservar suas identidades. Destes, dois tinham experiência na área de escaneamento 3D para o desenvolvimento de órteses e próteses, um na área de escaneamento 3D para o desenvolvimento de vestuários adaptados e os outros dois na área diagnóstico e tratamento de pessoas com deficiência, um fisioterapeuta e um terapeuta ocupacional na área de adaptação de produtos de tecnologia assistiva com breve experiência na área de antropometria digital, principalmente na área de utilização da malha escaneada para os fins de desenvolvimento de TA.

Para a realização do passo a passo cognitivo pediu-se que os participantes se colocassem no lugar dos pesquisadores (atividades marcadas em azul no protocolo) que estariam realizando a antropometria digital de uma PcDM fictícia que tinha as suas necessidades e habilidades já indicadas. Todas as questões que dependiam das respostas tanto do participante fictício quanto do profissional da área da saúde foram respondidas pela aplicadora da ferramenta. Apenas para o primeiro e terceiro participante, que tinham conhecimento na área da saúde, foi pedido que adotassem tanto o papel do pesquisador como do profissional da saúde (em roxo) visto que essa é uma opção possível e prevista pelo sistema. A PcDM fictícia foi a mesma para todos os participantes e consistia em um usuário de cadeira de rodas com paraplegia e escoliose acentuada sem deformidade nos membros inferiores ou superiores.

Previamente à realização das atividades os participantes foram apresentados ao sistema e ao objetivo da avaliação via a leitura e assinatura do TCLE. Após a assinatura iniciava-se a aplicação ferramenta sem intervenção, exceto em momentos em que haviam dúvidas que impediam a continuidade das atividades. Para esses

casos eram feitos os esclarecimentos na hora e anotações para a alteração do sistema. Assim, as alterações realizadas consistem na soma das questões apontadas durante a realização da atividade e das respostas às perguntas direcionadas ao conteúdo, formato e funcionamento do sistema. Um resumo das versões do sistema apresentadas para cada especialista e seus comentários acerca da sua funcionalidade pode ser visualizado na Figura 78.

FIGURA 78 - VERSÕES DO SISTEMA AVALIADAS



FONTE: A autora (2022).

Durante a avaliação não houve divergência de opiniões entre os especialistas, apenas alterações incrementais. Ou seja, durante o processo de apresentação das alterações previamente realizadas, nenhum dos especialistas discordou das alterações realizadas, apenas concordou ou mostrou-se indiferente. Assim, as alterações são apresentadas na ordem do protocolo e não na ordem com que foram alteradas, para facilitar a compreensão da transição entre a primeira versão do sistema para a última versão que é apresentada e prototipada no Capítulo 7.

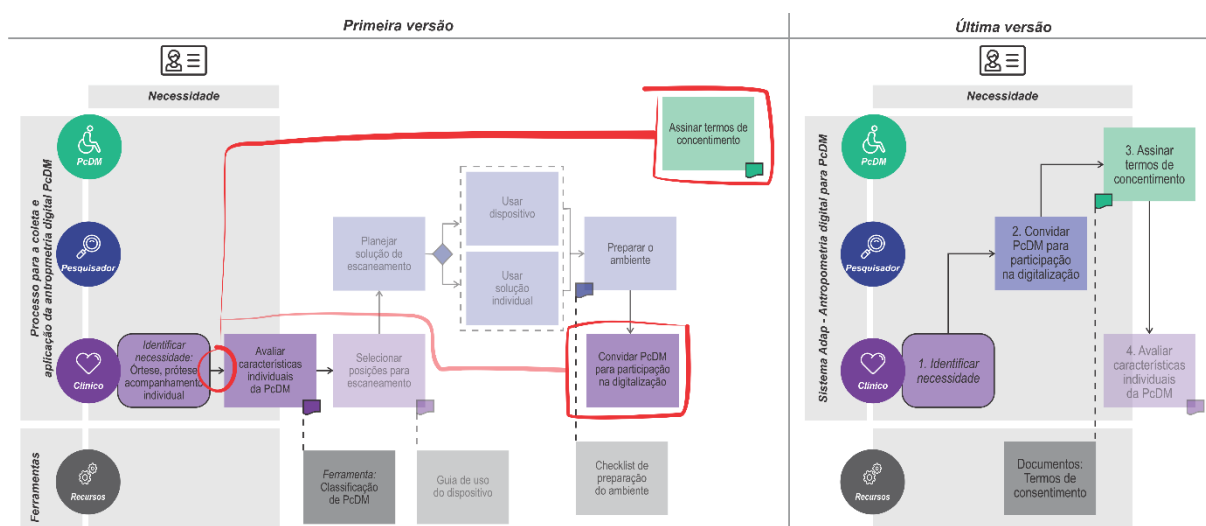
As alterações do sistema são divididas em alterações do conteúdo do protocolo, com a reordenação e com a adição e retirada de atividades e ferramentas. E nas alterações de formato que culminaram em uma plataforma digital de realização e registro das atividades para aprimoramento de sua funcionalidade.

6.2.1 Alterações de conteúdo

As alterações realizadas no protocolo foram relativas à reordenação, eliminação e adição de atividades e ferramentas. Além disso, na apresentação visual do protocolo também foram feitas duas alterações, a adição de numeração para as atividades para facilitar sua referência e a alteração da barra lateral esquerda. Na sequência são apresentadas cada uma das etapas na primeira e última versão com as alterações realizadas indicadas em vermelho.

Para a etapa de Necessidade, Figura 79, uma alteração importante foi realizada. Duas das atividades previamente indicadas como parte da etapa de Planejamento foram movidas para a de Necessidade. Essas são o convite para a participação na digitalização e assinatura dos termos de consentimento.

FIGURA 79 - ALTERAÇÕES DE CONTEÚDO ETAPA NECESSIDADE

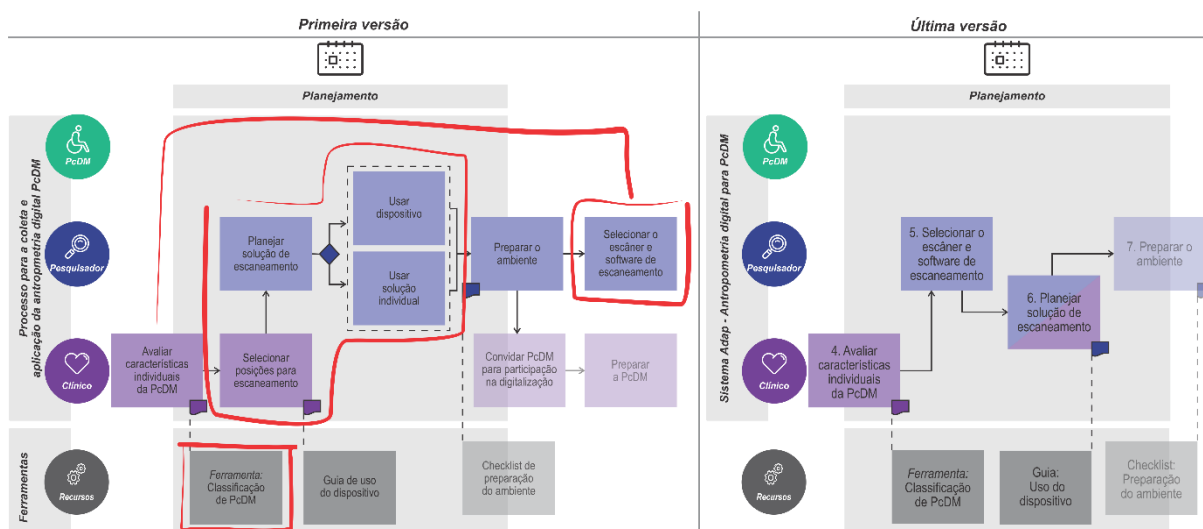


FONTE: A autora (2022).

Inicialmente as atividades movidas estavam próximas da realização do escaneamento, o que identificava que os termos seriam relativos à etapa de digitalização, no entanto, como a segunda atividade era a avaliação das características dos participantes, os especialistas apontaram que seria necessário que dessem o seu consentimento antes da aplicação dessa ferramenta. Sobre o convite também acreditavam que deveria ser realizado pelos pesquisadores, que poderiam tirar as dúvidas dos participantes previamente ao aceite, e que deveria ser feito antes da assinatura dos termos pois entenderam que seria um convite de participação de todas as atividades e não apenas um convite para o escaneamento 3D.

Para a etapa de Planejamento, Figura 80, três pontos foram alterados. O primeiro é relativo à ferramenta de classificação da pessoa com deficiência. Essa foi considerada difícil de realizar nas primeiras versões do protocolo pois era preciso preencher uma tabela impressa e buscar manualmente as recomendações para o avanço do protocolo. Mais adiante no próximo item será demonstrado como isso foi resolvido com a automatização e digitalização da busca dessas recomendações.

FIGURA 80 - ALTERAÇÕES DE CONTEÚDO ETAPA PLANEJAMENTO

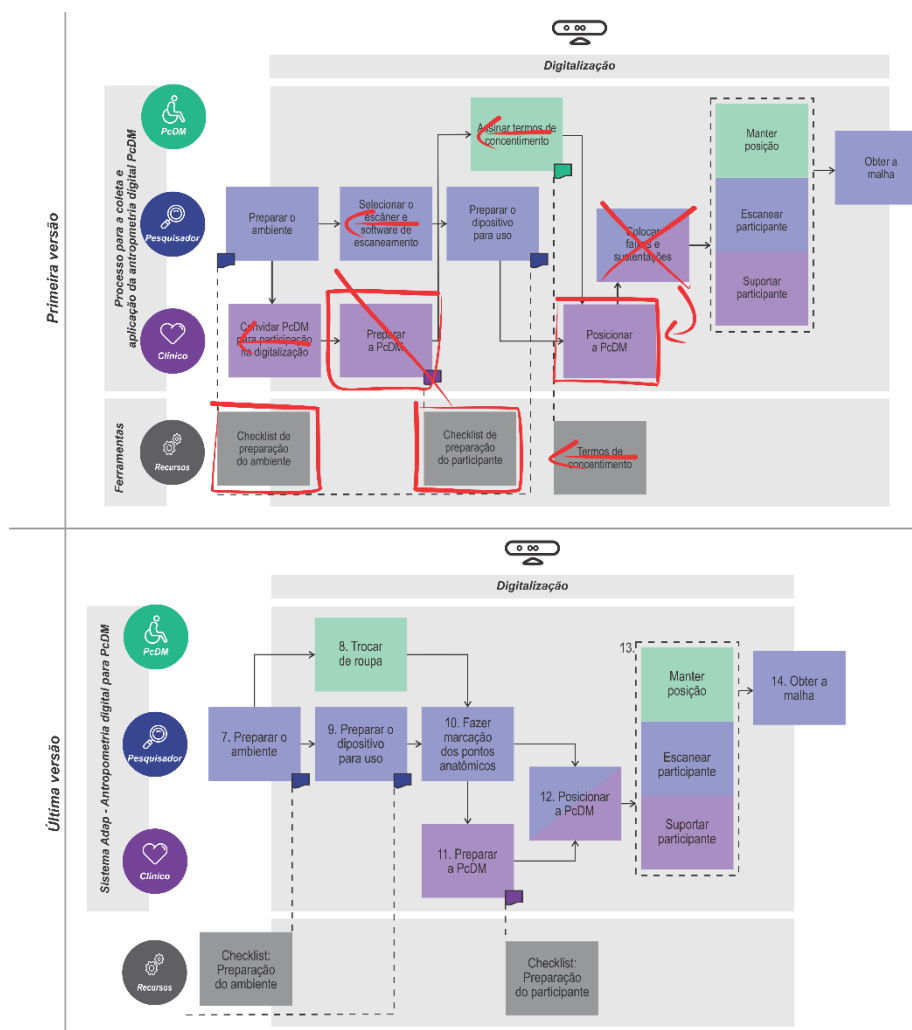


FONTE: A autora (2022).

O segundo ponto que foi alterado foi a mudança de posição da atividade de seleção do escâner do software escaneamento para que fosse anterior à atividade de planejamento da solução de escaneamento, pois, como apontado pelos especialistas, o escâner e o software afetam no planejamento. A última alteração realizada foi a junção de quatro atividades em uma única atividade de planejamento da solução de escaneamento compartilhada pelos pesquisadores e profissionais da saúde. Isso se deu porque todas as atividades identificadas separadamente (circundadas na figura) se repetiam na atividade de planejamento durante as descrições dos especialistas.

A etapa de Digitalização também teve algumas alterações importantes, Figura 81. Em primeiro lugar foi alterada pelo fato de que três das suas atividades identificadas foram movidas para fases anteriores (marcadas pelas setas apontadas para a esquerda). Além disso, os dois checklists propostos foram adicionados da possibilidade de identificação de que não havia necessidade daquele elemento para aquela configuração experimental, por exemplo, se o escâner não precisa estar conectado ao computador ou a tomada esse item no checklist pode ser ignorado.

FIGURA 81 - ALTERAÇÕES DE CONTEÚDO ETAPA DIGITALIZAÇÃO

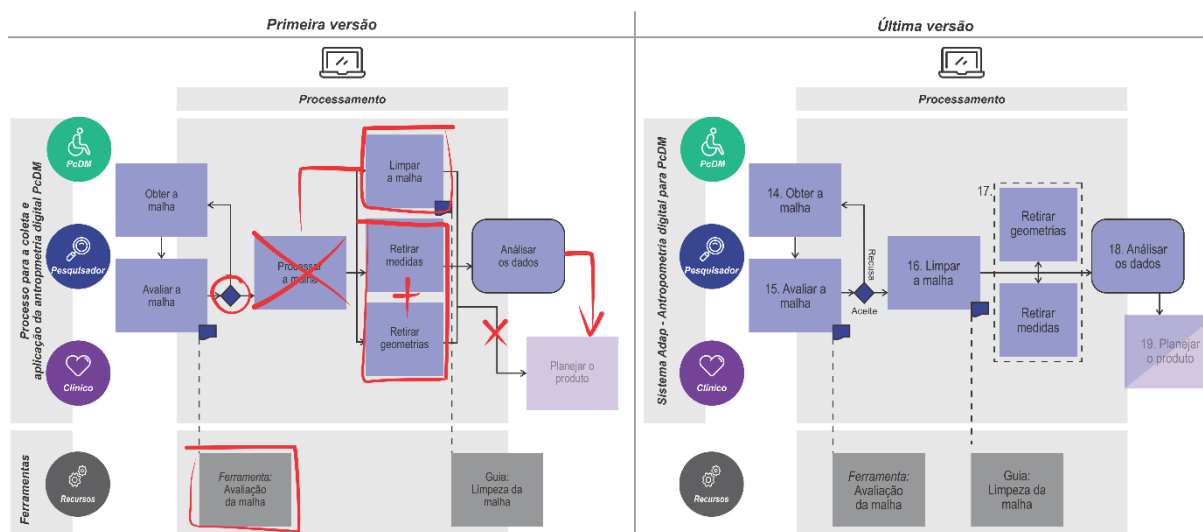


FONTE: A autora (2022).

A ordem das atividades também foi alterada. A preparação da pessoa com deficiência foi movida e desmembrada, pois o primeiro especialista identificou que algumas atividades eram de responsabilidade de outros atores como por exemplo, dentro da preparação estava prevista a troca de roupas, que é de responsabilidade do participante, e também a marcação dos pontos anatômicos, que é feita pelo pesquisador. Assim, a atividade de preparação e também o checklist ficam mais coerentes pois envolvem a instrução e a verificação dos componentes que foram previamente realizados. Por último, a atividade de posicionar a PcDM e de colocar faixas e sustentações foi integrada, pois, dependendo da solução prevista podem não haver faixas e sustentações o que faria com que a atividade fosse redundante na visão de alguns especialistas. Além de ser unida, a responsabilidade da atividade foi compartilhada entre o pesquisador e o clínico.

Para a etapa de Processamento, Figura 82, foram realizadas algumas alterações sequenciais. Em primeiro, do mesmo modo que a ferramenta de classificação das características da pessoa com deficiência era de difícil realização no início do processo avaliativo, a ferramenta de avaliação da malha dependia da criação de uma fórmula e da realização de cálculos manualmente o que dificultava a sua utilização. Isso também foi solucionado a partir da sua automatização que é descrita no próximo item que discute as alterações de formato do sistema.

FIGURA 82 - ALTERAÇÕES DE CONTEÚDO ETAPA PROCESSAMENTO



FONTE: A autora (2022).

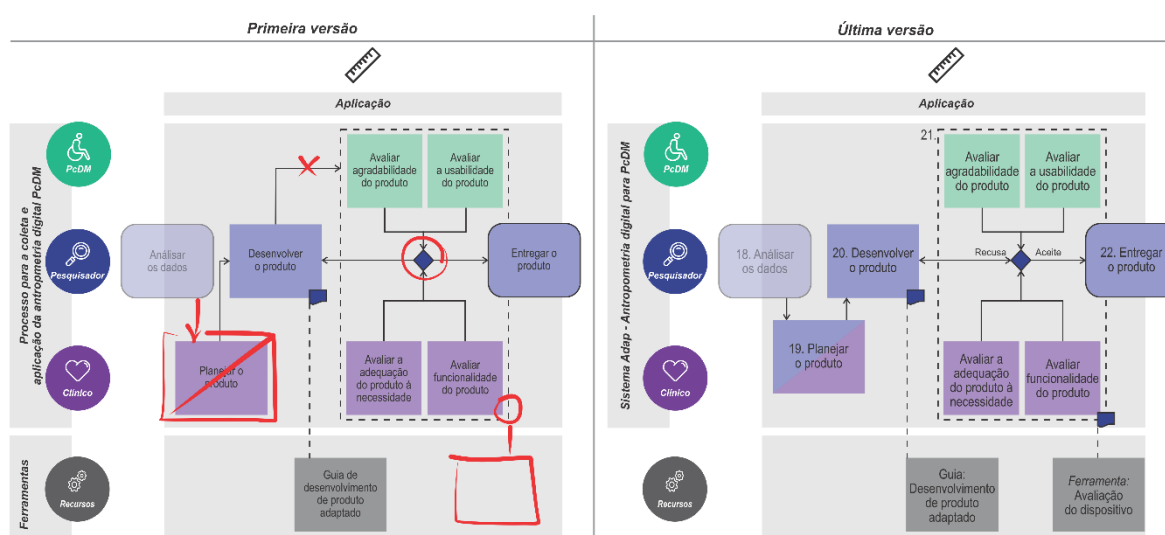
A próxima alteração foi no símbolo de decisão (losango) pois não havia a descrição do caminho a ser tomado e por isso foram adicionadas as palavras “aceite” e “recusa” para que os utilizadores soubessem o caminho a ser realizado. Na sequência, havia a proposta da atividade de processamento, mas, de acordo com os especialistas, este seria feito automaticamente antes da avaliação da malha e por isso foi eliminada. A atividade de correção da malha foi colocada antes da retirada de medidas e das geometrias, o que descreve melhor o processo. Além disso, as atividades de retirada das medidas e das geometrias foram associadas com o retângulo tracejado que indica que a sua realização é feita concomitantemente.

A última alteração foi no caminho das setas de fluxo da informação. Para o primeiro protocolo podia haver a finalização com a análise dos dados ou optava-se pelo planejamento do produto. No entanto, como os especialistas comentaram, parte do planejamento do produto é a análise da malha que identifica que partes estariam

aptas a serem usadas para a fabricação dos produtos, ou até mesmo se as dimensões estariam apropriadas para adaptar um produto industrialmente fabricado.

A etapa de Aplicação, Figura 83, foi alterada em dois pontos, no primeiro, o ato de planejamento do produto foi compartilhado do pesquisador com o clínico, o que foi considerado mais realista. No segundo, relacionado com a avaliação do produto, foram feitas três alterações, a seta indicativa da passagem do desenvolvimento para a avaliação foi modificada de local para simplificar a visualização pois causava confusão na realização do passo a passo cognitivo. No símbolo de decisão também foi adicionado o texto que indica qual direção deve ser tomada. Por fim, para essa atividade foi proposta a adição de uma ferramenta que auxiliasse no processo de avaliação do produto caso os usuários do protocolo achassem necessário.

FIGURA 83 - ALTERAÇÕES DE CONTEÚDO ETAPA APLICAÇÃO



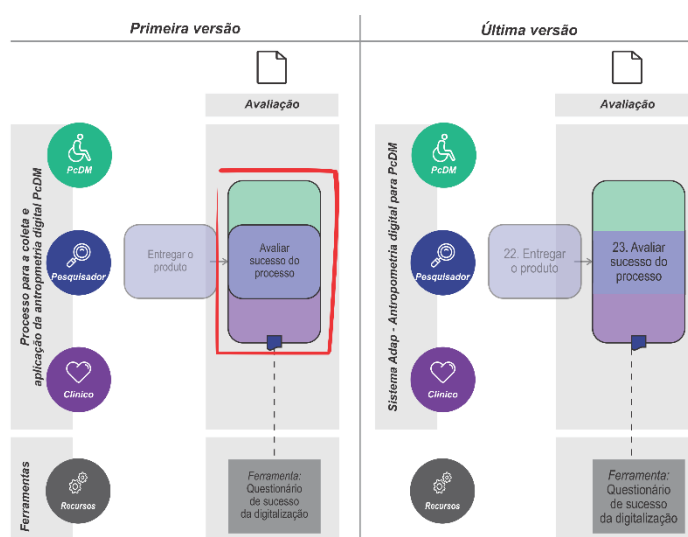
FONTE: A autora (2022).

Essa ferramenta que foi adicionada é a QUEST (DEMERS; WEISS-LAMBROU; SKA, 2000), por sugestão dos especialistas. A QUEST, é um acrônimo de *Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology*, com tradução para Avaliação da Satisfação do Usuário com a Tecnologia Assistiva de Quebec, e é uma ferramenta que avalia a satisfação do usuário com um recurso de TA e o seu serviço associado. A satisfação para a ferramenta é entendida como a avaliação positiva ou negativa em uma escala de cinco pontos de informações relacionadas com o produto. Essas informações são: dimensões, peso, ajustes, segurança, durabilidade, facilidade de uso, conforto e eficácia; e assuntos relacionados com o serviço que são a entrega,

os reparos e assistência técnica, serviços profissionais e de acompanhamento (DEMERS; WEISS-LAMBROU; SKA, 2000). A versão usada é a tradução feita por Carvalho, Gois e Sá (2014). A única alteração feita à ferramenta foi a disponibilização de espaço de preenchimento tanto para o usuário quanto para o clínico responsável de modo que as opiniões dos dois possam ser consideradas na realização dos ajustes.

Para a última etapa, Figura 84, a única alteração realizada foi visual para que a aparência da última atividade ficasse de acordo com a aparência das atividades anteriores que possuíam os três participantes trabalhando de maneira conjunta.

FIGURA 84 - ALTERAÇÕES DE CONTEÚDO ETAPA AVALIAÇÃO



FONTE: A Autora (2022).

Com a aplicação do passo a passo cognitivo percebeu-se que os participantes conseguiram compreender e realizar mentalmente em sequência todas as atividades que eram indicadas, exceto para os dois primeiros participantes nos casos em que disseram que era preciso o conhecimento de ferramentas novas que são propostas (nomeadamente a de classificação da PcDM e a de avaliação da malha) que precisariam ter tido acesso antes da realização da atividade.

Isso se deu pois nas primeiras versões era preciso ler e compreender muitas instruções antes da aplicação dessas ferramentas. No entanto, comentaram que se utilizassem protocolo para a antropometria digital junto a pessoas com deficiência motora, já teriam tido acesso ao protocolo e teriam conhecimento das ferramentas. A partir do terceiro participante essas já estavam em processo de automatização e dependiam menos do aprendizado do funcionamento interno da ferramenta e os

seguintes participantes tiveram cada vez menos dificuldades com a sua aplicação. Isso culminou na última versão em que puderam ser aplicadas sem auxílio.

O último comentário acerca do conteúdo realizado pelo quarto participante, corroborado pelo quinto foi que seria interessante que o sistema tivesse um nome para que fosse facilmente referenciado entre pesquisadores. O nome completo até então era “Sistema de antropometria digital para pessoas com deficiência motora”, que era muito longo e dificultaria a diferenciação do uso deste sistema para outro. Desta forma nomeou-se o sistema de ADap, que faz referência ao título de “Antropometria Digital adaptada” para pessoas com deficiência motora.

Os demais comentários foram relativos à funcionalidade do sistema, afetada pelo seu formato que foi alterado a cada versão, que é o assunto que tratado a seguir.

6.2.2 Alterações de formato

As alterações apresentadas neste item fazem referência ao formato de apresentação do sistema, que consiste na apresentação do protocolo, ferramentas, instruções de uso do dispositivo e registro dos resultados parciais e finais da aplicação de cada uma das atividades. Este formato inicialmente era uma versão impressa em papel, com 19 folhas que eram utilizadas sequencialmente. A cada avaliação por especialista esse formato foi sendo alterado a partir de seus comentários e recomendações para que se adequasse no fluxo das tarefas realizadas e que ficasse mais funcional e acessível. As alterações sequenciais finalizaram por uma versão na qual o sistema foi organizado em uma plataforma digital online que permite o registro das atividades e que é semiautomatizada, aprimorando sua funcionalidade.

O primeiro formato de apresentação do sistema consistia na impressão do Apêndice C que era realizado segundo a organização das páginas. Esse formato causou confusão pois não havia espaço para preenchimento de todas as atividades realizadas. Havia espaço demarcado apenas nos locais em que haviam ferramentas. Isso implicava, segundo o primeiro participante, na necessidade de “usar o protocolo junto com um caderninho” para que pudesse registrar as demais atividades. Outra questão foi a manipulação das páginas. Algumas das ferramentas seriam mais fáceis de realizar se as folhas estivessem soltas pois poderiam ser usadas ao mesmo tempo lado a lado, mas em outros casos, as folhas poderiam perder a ordem ou se perderem completamente, principalmente se a sua realização se estendesse por vários dias.

Além disso, como comentou o primeiro participante, a maior parte das atividades associadas com a antropometria digital é realizada no computador e esse formato adicionaria mais trabalho e necessidade de transição entre o físico e o digital. Além de que não havia um modo fácil de arquivar e reutilizar as informações registradas, pois estariam “em vários locais diferentes”. Assim optou-se para que as próximas versões estivessem no formato digital.

A partir dessas considerações optou-se por realizar uma segunda versão que fosse organizada em um documento Word, similar ao formato impresso, mas que permitisse o registro das informações juntamente com aplicação das ferramentas. Para essa segunda versão na parte inferior das páginas em que havia a figura do protocolo foram deixados espaços para que as atividades fossem preenchidas. Na Figura 85 pode-se visualizar um exemplo dessa adição com a demonstração da etapa de planejamento do protocolo editável em Word com os espaços apontados.

FIGURA 85 - ETAPA DE PLANEJAMENTO NA VERSÃO EM WORD EDITÁVEL

3. Posições escolhidas (usar o guia como base)

___ T1 ___ T2 ___ outra

Esquerdo **Direto**

___ B1 ___ B2 ___ B3 ___ B4 ___ outra ___ B1 ___ B2 ___ B3 ___ B4 ___ outra

___ P1 ___ P2 ___ P3 ___ P4 ___ outra ___ P1 ___ P2 ___ P3 ___ P4 ___ outra

5. Solução de escaneamento

___ Dispositivo

___ Solução individual (explique) _____

6. Seleção dos equipamentos

Escâner: _____

Software: _____

7. Convite / Agendamento

Data: _____

Hora: _____

FONTE: A autora (2022).

Sobre esse formato, apesar de que as dificuldades de manipulação e de registro tivessem sido consideradas, o segundo participante identificou que o acesso ao registro ainda era difícil pois as informações ficavam divididas em diversas páginas e, por se tratar de um documento de texto, durante o preenchimento aconteciam erros de formatação que afetavam a visualização das atividades posteriores. Ademais, como já foi comentado, a realização de algumas atividades ainda era difícil e precisava

de rolagem entre páginas o que gerava dificuldade de navegação. Nessa versão o cálculo da ferramenta de avaliação da malha ainda precisava ser feito manualmente.

Para a terceira versão, o protocolo foi montado em um formulário online digital que permitia o registro das informações em espaços predeterminados. Assim, foi feita a separação do protocolo por atividades, e apresentada antes delas, a visualização do protocolo com destaque para a atividade a ser realizada no momento. Essas eram apresentadas e em seguida era permitido o seu registro. Para mais informações e instruções era possível acessar links externos.

Um recorte dessa versão pode ser visualizado na Ferramenta de classificação dos participantes da Figura 86. A ferramenta podia ser preenchida com menus suspensos com as possibilidades de resposta e no final havia o link para a busca das recomendações resultantes das respostas. Isso foi chamado de semiautomação pois era necessário que a busca das recomendações fosse feita manualmente. Essa situação também ocorria para os termos de consentimento e para a Ferramenta de avaliação da malha que foi automatizada em uma planilha digital acessível via um link no formulário. Essa planilha permitia o preenchimento dos dados da fórmula e pontuação para a avaliação das malhas sem necessidade de cálculo manual.

FIGURA 86 - FERRAMENTA DE CLASSIFICAÇÃO DAS PcDM SEMIAUTOMATIZADA

Avaliação das características do participante

PARTE 1a: DEFICIÊNCIAS DAS FUNÇÕES DO CORPO

b1. FUNÇÕES MENTAIS

b110 Consciência

Escolher

b114 Orientação (tempo, lugar, pessoa)

Escolher

0 - Nenhuma deficiência/dificuldade significa que a pessoa não tem problema

1 - Deficiência/dificuldade leve significa um problema que está presente menos que 25% do tempo

2 - Deficiência/dificuldade moderada significa um problema que está presente em menos que 50%

3 - Deficiência/dificuldade grave significa um problema que está presente em mais que 50% do tempo

4 - Deficiência/dificuldade completa significa um problema que está presente em mais que 95%

8 - Não especificado significa que a informação é insuficiente para especificar a gravidade da deficiência

9 - Não aplicável significa que é inapropriado aplicar um código particular

Resultados ferramenta

Acesse o arquivo e siga as instruções para todos os qualificadores que diferem de 0.

https://drive.google.com/file/d/1g_2CA07U5EQ4E8ifvL0Ln9AeA5sNBQs/view?usp=sharing

Preencha a Ferramenta de caracterização da PcDM para escaneamento

O objetivo dessa ferramenta é identificar necessidades particulares das pessoas com deficiência para a coleta de antropometria digital, bem como possíveis alterações e adições a serem feitas ao sistema dependendo da necessidade identificada. Os qualificadores que devem ser utilizados para preenchimentos dos elementos dispostos abaixo.

Os qualificadores determinam o quanto afetada é a pessoa por cada um dos elementos listados. Para cada caso são requeridos um ou dois qualificadores dependendo da característica, do capítulo e da área que se está referindo. Para os fatores ambientais, ainda é necessário indicar se o elemento é uma barreira ou facilitador com a adição de símbolo "+".

São considerados como fatores a serem aprofundados os elementos que são qualificados com notas diferentes de zero, pois o zero para todos os casos representa nenhuma deficiência, nenhuma dificuldade e nenhuma barreira.

FONTE: A autora (2022).

Para essa versão foi comentado que havia repetição no registro das informações e também o próprio protocolo era repetido a cada atividade para que não houvesse a necessidade de retornar ao início, que foi uma questão negativa levantada nas versões anteriores. No entanto, o comentário do terceiro participante foi que a sequência do protocolo já era indicada na sequência dos registros e não havia necessidade de apresentar o protocolo repetidamente.

Para a quarta versão esse mesmo arquivo do formulário foi atualizado para que não tivesse tantas repetições visuais do protocolo e para que pudesse ser pausado e retornado caso houvesse necessidade de realização das atividades em diversos dias. Além disso nesse protocolo também foi adicionada a ferramenta de avaliação do produto, QUEST, e feitas algumas outras alterações relativas aos termos utilizados no registro das atividades para que fossem iguais aos colocados no protocolo.

Nessa versão, a principal adversidade, e que se repetia da anterior, era que a navegação era prejudicada pela necessidade de acessar documentos externos para realização de algumas ferramentas o que dificultava o gerenciamento do processo. Por exemplo, na ferramenta de avaliação da malha o procedimento ainda era acessar uma planilha eletrônica, realizar os cálculos e retornar os resultados ao sistema manualmente. Havia também dificuldade em acessar informações já preenchidas.

Assim, para a última versão do formato do sistema optou-se por adicionar todas as atividades em uma única plataforma digital que permitisse a automatização, o registro, e a referência automática dos resultados das ferramentas aplicadas para que o sistema fosse mais integrado e contínuo. Decidiu-se por realizar a automatização com uma planilha eletrônica que já tinha sido identificada como uma solução viável para a automatização da ferramenta de avaliação da malha. Além disso, as planilhas eletrônicas são programas de conhecimento da maior parte dos pesquisadores que iriam gerenciar o protocolo o que permitiria um acesso e um trabalho mais facilitado e também a realização de alterações conforme as necessidades dos usuários.

A planilha eletrônica também permite referências cruzadas entre abas que eliminam a necessidade de retorno às atividades anteriores para poder dar continuidade no protocolo. Um exemplo disso é a automatização da Ferramenta de classificação da pessoa com deficiência em que na aba da atividade de avaliação, Figura 87 - a, é possível responder o questionário, e na aba em que as recomendações precisariam ser utilizadas, estas aparecem automaticamente sem que haja qualquer intervenção por parte do utilizador, Figura 87 - b.

FIGURA 87 - FERRAMENTA DE CLASSIFICAÇÃO DAS PcDM AUTOMATIZADA

Avaliação das características da PCdM

Preencha a Ferramenta de caracterização da PCdM para escaneamento.

A ferramenta é um recorte da CIF relacionando os elementos que afetam no processo de escaneamento.

O objetivo dessa ferramenta é identificar necessidades particulares das pessoas com deficiência para a coleta de antropometria

Códigos CIF	Preencher com Qualificador
PARTE 1a: DEFICIÊNCIAS DAS FUNÇÕES DO CORPO	Extensão da deficiência
b1. FUNÇÕES MENTAIS	2 Deficiência/dificuldade moderada significa um problema que
b110 Consciência	Escolha
b114 Orientação (tempo, lugar, pessoa)	Escolha
b117 Funções intelectuais (inclui retardo mental, demência)	Escolha
b130 Funções da energia e de impulsos	Escolha
b134 Sono	Escolha
b140 Atenção	Escolha
b144 Memória	Escolha
b152 Funções emocionais	Escolha
b156 Funções da percepção	Escolha
b164 Funções cognitivas superiores	Escolha

Visão Geral 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Recomendações do Relatório de classificação do paciente

Códigos CIF	Recomendações
PARTE 1a: DEFICIÊNCIAS DAS FUNÇÕES DO CORPO	
b1. FUNÇÕES MENTAIS	1 e 2 – Requerer consentimento do participante e identificar compreensão das atividades.
b110 Consciência	#N/A
b114 Orientação (tempo, lugar, pessoa)	#N/A
b117 Funções intelectuais (inclui retardo mental, demência)	#N/A
b130 Funções da energia e de impulsos	#N/A
b134 Sono	#N/A
b140 Atenção	#N/A
b144 Memória	#N/A
b152 Funções emocionais	#N/A
b156 Funções da percepção	#N/A
b164 Funções cognitivas superiores	#N/A
b167 Funções mentais da linguagem	#N/A
b2. FUNÇÕES SENSORIAIS E DOR	
b210 Visão	#N/A
b230 Audição	#N/A
b235 Vestibular (inclui funções de equilíbrio)	#N/A
b280 Dor	#N/A

Visão Geral 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

LEGENDA: a) Aba de aplicação da ferramenta com a primeira questão respondida; b) Aba planejamento do escaneamento com as recomendações automáticas.

FONTE: A autora (2022).

Algumas outras características da penúltima versão são que o protocolo é apresentado completo uma única vez, na aba chamada de Visão geral, cada uma das atividades do protocolo pode ser clicada e ela direciona o usuário diretamente para a aba de aplicação e registro daquela atividade; há menor necessidade de acesso externo a outros documentos (etapa necessária apenas para o caso dos termos de consentimento e de salvamento das malhas obtidas, tratadas e transformadas em produto); o sistema pode ser usado offline e online (acessado pela nuvem); e ao final é gerado um relatório com todas as informações preenchidas.

Para essa versão, os comentários feitos pelo quinto participante sobre o formato foram para a necessidade da adição de botões que permitissem a navegação entre as abas sem a necessidade de retorno à aba do protocolo ou aos links das abas, (setas para os dois lados e ícone para o protocolo); e de uma aba inicial em que houvesse a apresentação do protocolo, como a realizada nas primeiras versões.

Segundo o participante, para o usuário inexperiente serviria de introdução, mas poderia ser facilmente pulada para os usuários mais experientes. Feitas essas alterações obteve-se a última versão do sistema que é apresentada no Capítulo 7.

6.3 CONSIDERAÇÕES DA FASE DE AVALIAÇÃO

O processo de avaliação e alteração iterativo do sistema se mostrou efetivo para seu melhoramento, apoiando-se em opiniões de especialistas, simulações e testes práticos. No aprimoramento concentrou-se na conformidade do protocolo e na funcionalidade tanto do dispositivo quanto do sistema como um todo quando na realização das atividades integradas à prática dos pesquisadores que identificam a necessidade do sistema. Com isso foi possível obter uma versão final do sistema aprimorado que pode ser apresentado e aplicado no próximo capítulo. Essa última versão ainda pode ser aprimorada com os devidos testes de usabilidade, design gráfico e informacional que são imprescindíveis para a qualidade do sistema.

Ainda, acerca da experiência dos participantes, percebeu-se interesse no problema da pesquisa e em como este tinha sido resolvido, pois para aqueles que têm experiência na área, esta era uma questão de preocupação e que afetava o resultado dos seus trabalhos. No protocolo houve satisfação, principalmente dos participantes da área da saúde ao acesso a um protocolo definido e que auxilia na realização das atividades. O dispositivo gerou interesse na possibilidade de aplicação da digitalização 3D junto ao público sem a necessidade de planejamento de um ambiente experimental específico para cada nova pesquisa e participante. E a plataforma digital foi considerada relevante pois permite o registro e o relatório das atividades realizadas.

A avaliação do sistema e dos seus componentes permitiu a verificação de alguns requisitos como a eficácia do dispositivo (requisito 3.3.10 - Quadro 21) a clareza e certeza das informações fornecidas (requisitos 2.2.1 e 2.2.3 - Quadro 20), a rapidez e facilidade na compreensão de atividades e posturas (requisitos 2.2.5 a 2.2.7 - Quadro 20 e 4.1.1 a 4.2.4 - Quadro 22) e as sensações de estabilidade e segurança (requisitos 4.2.5 e 4.2.6 - Quadro 22). Com isso, restou para a avaliação na prototipagem a eficácia do protocolo (requisito 1.3.3 - Quadro 19), o resguardo dos valores dos participantes (requisito 2.3.1 - Quadro 20) e a satisfação dos usuários no uso do sistema (requisitos 1.3.4 - Quadro 19 e 3.3.11 - Quadro 21).

7 ADap - ANTROPOMETRIA DIGITAL ADAPTADA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA MOTORA

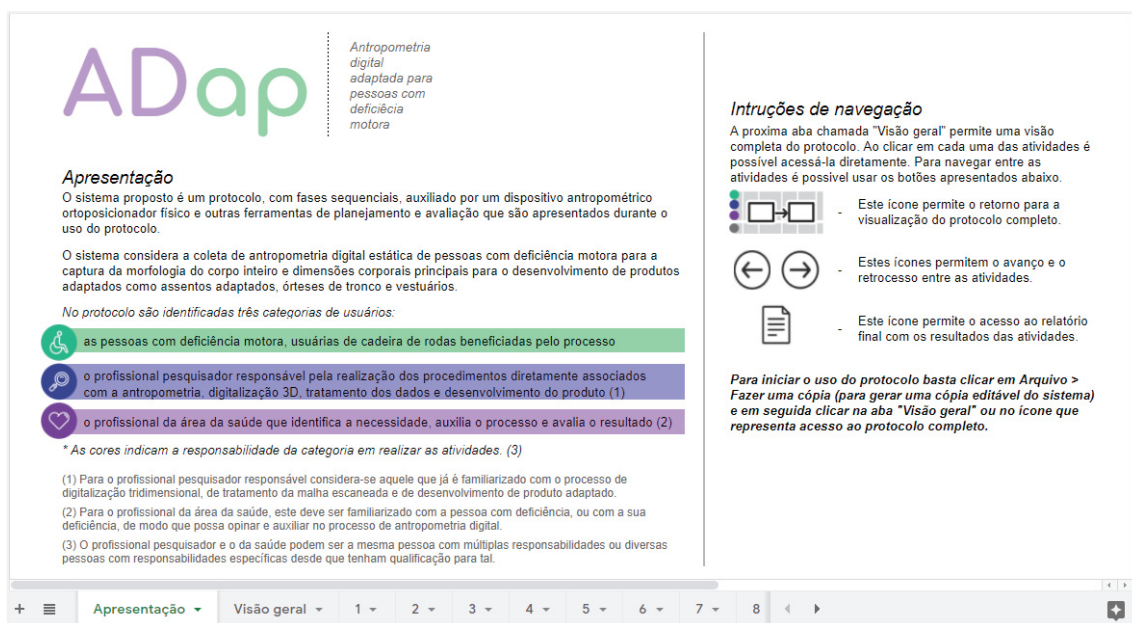
Na sequência se apresenta o ADap, que é a última versão do sistema desenvolvido nesta tese que viabiliza a realização de antropometria digital de PcDM. O componente digital do sistema ADap, plataforma digital para o preenchimento das atividades, pode ser acessado pelo link: <https://tinyurl.com/ADap3D>. Essa versão do link está configurada para ser apenas visualizada, para a sua utilização é preciso salvar uma cópia que pode então ser editada e preenchida.

A plataforma digital do sistema é desenvolvida em uma planilha eletrônica online da Google, usando as ferramentas disponíveis. Essas são as abas que contém as informações sequenciadas conforme o protocolo, uma por aba, botões que permitem a navegação entre as abas, e células que contém instruções textuais e visuais e espaços para o preenchimento dessas informações. Algumas das células trabalham com referências cruzadas apresentando informações preenchidas em uma aba para outra facilitando a navegação e o andamento das atividades, além de que outras têm configurações diferentes de preenchimento como menus suspensos, caixas de seleção, fórmulas e respostas condicionais.

A interface da plataforma foi simplificada com a eliminação das linhas tradicionais das células da planilha eletrônica identificando via cores e linhas os locais que aceitam preenchimento de informações. Ademais as cores utilizadas foram padronizadas e seguem as mesmas cores do protocolo, indicando nos títulos das atividades os responsáveis por aquela atividade.

Neste documento a plataforma digital do sistema é apresentada por meio de suas telas de navegação, em número de 26, Figuras 88 a 113. As figuras das telas apresentadas consideram uma visualização de um monitor de 13 polegadas. Atentou-se para que para cada tela a maior parte da informação seja mostrada nessa primeira visualização. No entanto, para alguns casos é preciso fazer a rolagem para baixo ou para a direita para acessar demais informações. A primeira tela, Figura 88, é a de apresentação do sistema, dos participantes, e das instruções de navegação. Essa tela é acessada apenas uma vez, mas pode ser retornada quando necessário ao se clicar na aba de apresentação. Os botões de navegação são: o ícone que permite o acesso à Visão geral do protocolo, os ícones de avanço e retrocesso entre atividades e o ícone que permite acesso ao relatório das atividades.

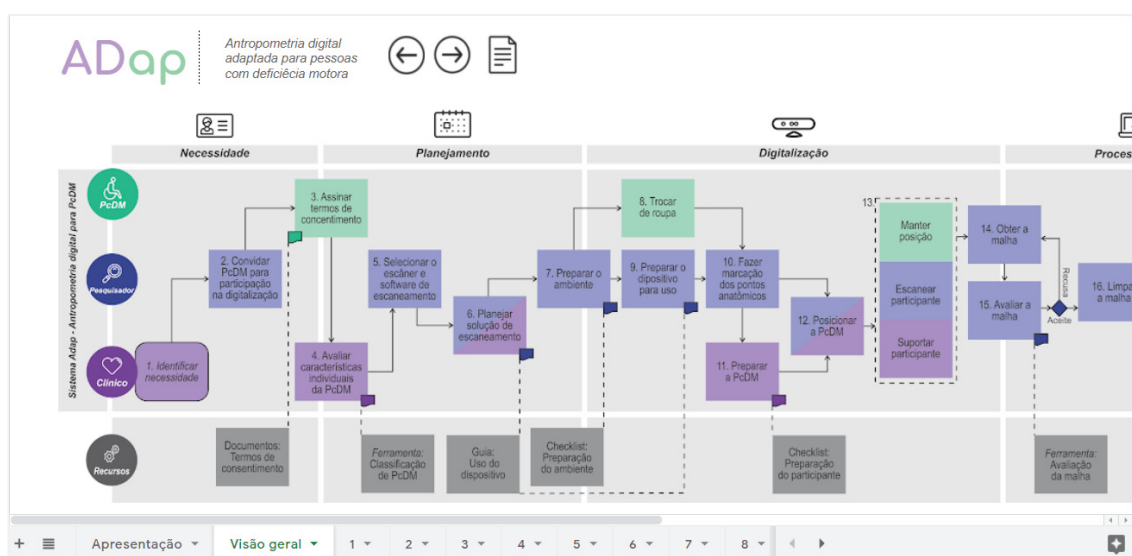
FIGURA 88 - ADap - TELA 1 - APRESENTAÇÃO



FONTE: A autora (2022).

A próxima tela é a Visão geral, Figura 89, onde está a representação visual do protocolo e cada uma das etapas pode ser clicada para acesso direto à aba daquela atividade. Para telas com menos polegadas é preciso fazer o rolamento para a direita para visualizar todo o protocolo. A partir de 17 polegadas é possível visualizar todo o protocolo sem rolagem. Essa escolha foi feita para aprimorar a visualização dos textos da figura. Para dar continuidade há três modos de acesso: clicando na Atividade 1, clicando no botão da seta de avanço ou clicando na aba inferior de número 1.

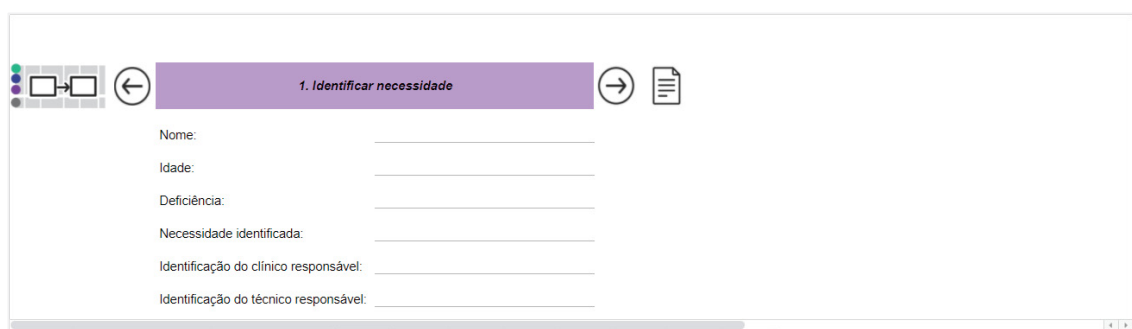
FIGURA 89 - ADap - TELA 2 - VISÃO GERAL



FONTE: A autora (2022).

A partir da próxima tela, Figura 90, é iniciada a aplicação do sistema com a Identificação da necessidade. Nela são preenchidas as informações dos responsáveis e dos participantes. Todas as telas de aplicação seguem a mesma identidade visual com um cabeçalho que possui em ordem: o botão de acesso ao protocolo, o botão de retrocesso, um quadro com a identificação da atividade com a cor do responsável, o botão de avanço e o botão de acesso ao relatório. Abaixo do quadro de identificação da atividade é possível fazer o preenchimento dos elementos relativos a ela. Quando é textual existe uma linha na qual pode ser digitado. Essas informações e as demais preenchidas nas outras telas são transcritas automaticamente para o relatório.

FIGURA 90 - ADap - TELA 3 - IDENTIFICAÇÃO DA NECESSIDADE



1. Identificar necessidade

Nome: _____

Idade: _____

Deficiência: _____

Necessidade identificada: _____

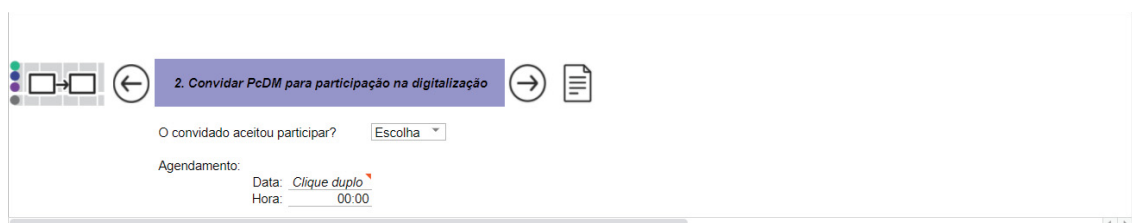
Identificação do clínico responsável: _____

Identificação do técnico responsável: _____

FONTE: A autora (2022).

Clicando na seta de avanço é possível acessar a próxima atividade que é a de Convite de participação, Figura 91. Nela existem outros dois mecanismos de preenchimento: o menu suspenso e permite o preenchimento a partir de uma lista e o clique duplo para abrir o calendário para o preenchimento da data de agendamento.

FIGURA 91 - ADap - TELA 4 - CONVITE DE PARTICIPAÇÃO



2. Convidar PcDM para participação na digitalização

O convidado aceitou participar?

Agendamento:

Data:

Hora:

FONTE: A autora (2022).

Na sequência é possível acessar a atividade de Assinatura dos termos de consentimento, Figura 92. A dinâmica dessa tela é um pouco diferente pois é preciso fazer o download de um arquivo, editá-lo de acordo com as características do estudo, imprimi-lo, assiná-lo e em seguida fazer o upload desses arquivos assinados. Na

realização de um estudo com mais de um participante, é possível manter o mesmo termo e apenas fazer o upload dos termos já assinados por cada participante. Todos os quadros azuis-claros com texto sublinhado são botões que permitem acesso a um drive externo para acesso e armazenamento de documentos e malhas digitalizadas.

FIGURA 92 - ADap - TELA 5 - TERMOS DE CONSENTIMENTO

FONTE: A autora (2022).

A próxima tela, Figura 93 é a de Avaliação das características da pessoa com deficiência. Para isso são dispostos os códigos da CIF e é possível qualificá-los usando menus suspensos. As informações selecionadas são automaticamente traduzidas para recomendações em uma tela mais adiante.

FIGURA 93 - ADap - TELA 6 - AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA PcDM

Códigos CIF	Preencher com Qualificador
PARTE 1a: DEFICIÊNCIAS DAS FUNÇÕES DO CORPO	Extensão da deficiência
b1. FUNÇÕES MENTAIS	
b110 Consciência	Escolha
b114 Orientação (tempo, lugar, pessoa)	Escolha
b117 Funções intelectuais (inclui retardo mental, demência)	Escolha
b130 Funções da energia e de impulsos	Escolha
b134 Sono	Escolha
b140 Atenção	Escolha
b144 Memória	Escolha
b152 Funções emocionais	Escolha
b156 Funções da percepção	Escolha
b164 Funções cognitivas superiores	Escolha
b167 Funções mentais da linguagem	Escolha
b2. FUNÇÕES SENSORIAIS E DOR	
b210 Visão	Escolha
b230 Audição	Escolha
b235 Vestibular (inclui funções de equilíbrio)	Escolha
b280 Dor	Escolha

FONTE: A autora (2022).

A próxima tela de Seleção do escâner e do software de escaneamento, Figura 94, é preenchida via digitação. Para essa atividade também é pedido que seja postada

a referência que valida o escâner selecionado para a antropometria digital visto que foi identificado como uma lacuna a falta de informações acerca da validação do escâner e que esta é uma recomendação da norma ISO 20685-1 (2018).

FIGURA 94 - ADap - TELA 7 - SELEÇÃO DO ESCÂNER E SOFTWARE

FONTE: A autora (2022).

Na sequência do protocolo a próxima tela apresenta o processo de Planejamento da solução de escaneamento das PcDM, Figura 95. A figura está em escala reduzida para que a tela possa ser visualizada integralmente.

FIGURA 95 - ADap - TELA 8 - PLANEJAMENTO DE ESCANEAMENTO

Para que seja possível realizar a digitalização dos usuários de cadeira de rodas propõe-se o uso de um equipamento chamado dispositivo antropométrico ortopostionador que permite o posicionamento e classificação de pessoas para que possa ser digitalizado.

* Considere para esse decisão o relatório de classificação do paciente.

O dispositivo foi criado para resolver dois objetivos principais:

1. Posicionar um usuário para que possa ser digitalizado
2. Facilitar a transferência para o dispositivo.

A sequência dos dispositivos é a seguinte:

Á ele é possível adicionar suportes rolantes em atitudes personalizadas e faixas de fixação.

Usando ele e os suportes as seguintes posições podem ser atingidas:

É possível selecionar entre duas posições de tronco, quatro posições de braço e quatro de perna. Essas posições podem ser simétricas ou assimétricas dependendo das características físicas e necessidades do usuário.

Após o posicionamento podem ser adicionadas as faixas de fixação caso seja necessário.

Por fim a transferência é facilitada pois o dispositivo pode ser colocado em uma posição vertical que permite a criação de uma superfície plana alinhada com a cadeira de rodas.

Ao lado há um vídeo que apresenta esse processo de transferência e posicionamento (clique duplo).

Indique a solução de escaneamento escolhida:

Dispositivo ☐

Outro (descreva) _____

Indique as posições escolhidas para a digitalização:

T1	T2
B1 - Direito	B1 - Esquerdo
B2 - Direito	B2 - Esquerdo
B3 - Direito	B3 - Esquerdo
B4 - Direito	B4 - Esquerdo

FONTE: A autora (2022).

Esta apresenta as instruções de uso do dispositivo com a sua funcionalidade, público atendido, poses disponíveis e o vídeo de demonstração do seu uso que pode ser acessado com um clique duplo. Ao lado direito apresenta as recomendações advindas do processo de classificação da pessoa com deficiência, e em seguida questiona sobre a utilização do dispositivo ou de outra solução e quais foram as poses de escaneamento escolhidas. Nessa tela há uma outra dinâmica de preenchimento, que é a de caixas de seleção. Esse planejamento é apresentado no momento de posicionamento para digitalização e também serve como registro para o relatório.

Na sequência há o checklist de Preparação do ambiente, Figura 96.

FIGURA 96 - ADap - TELA 9 - PREPARAÇÃO DO AMBIENTE



Elementos	Componente	Checklist	
Ambiente	Maior que 9m².	Escolha	
	Iluminação artificial uniforme (inclusive de "baixo para cima").	Escolha	
	Temperatura controlada.	Escolha	
	Ambiente privado (para troca de roupas).	Escolha	
	Acesso a tomadas.	Escolha	
Acessibilidade	Permissão de utilização do ambiente.	Escolha	
	Segurança dos equipamentos.	Escolha	
	Permite acesso com cadeira de rodas	Escolha	
Hardware	Tem acesso à banheiro acessível	Escolha	
	Acesso fácil ao local de escaneamento	Escolha	
	Computador/notebook	Escolha	
	Escâner	- Equipamento - Adaptador para o computador	Escolha
	Dispositivo	- Dispositivo - Faixas - Suportes extras	Escolha
Materiais	- Desinfetante	Escolha	
	Material de limpeza	- Limpa vidros - Flanela / pano	Escolha
	Fita métrica	Escolha	
	Materiais impressos	Escolha	
	Material para anotações	Escolha	
Software	Câmera fotográfica/filmadora	Escolha	
	Software de escaneamento	Escolha	
	Software de tratamento de malha	Escolha	
	Sistema ADap	Escolha	

FONTE: A autora (2022).

As próximas duas telas de Troca de roupas, Figura 97, e de Preparação do dispositivo, Figura 98, possuem instruções escritas para as respectivas atividades sem necessidade de preenchimento. Após a realização da atividade basta clicar no botão de avanço para ser redirecionado para a próxima atividade.

FIGURA 97 - ADap - TELA 10 - TROCA DE ROUPAS

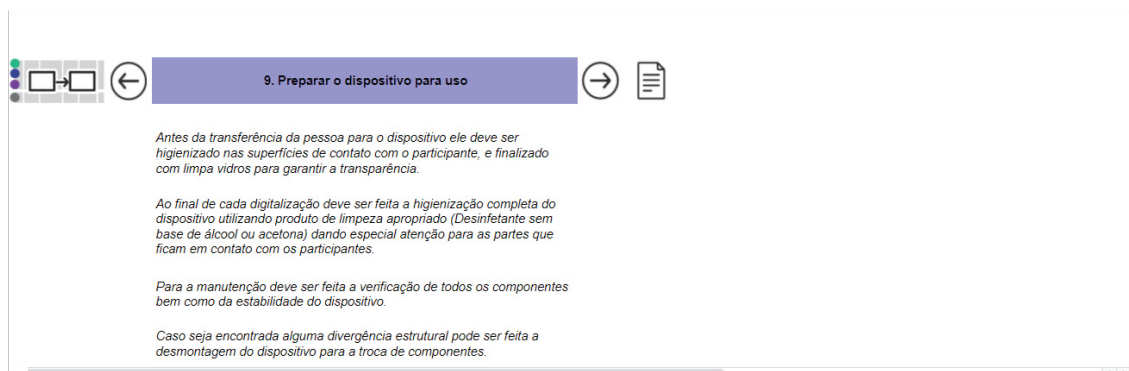


8. Trocar de roupa

Vestir as roupas ajustadas ao corpo (de banho/ginástica), tirar sapatos e meias e prender os cabelos compridos.

FONTE: A autora (2022).

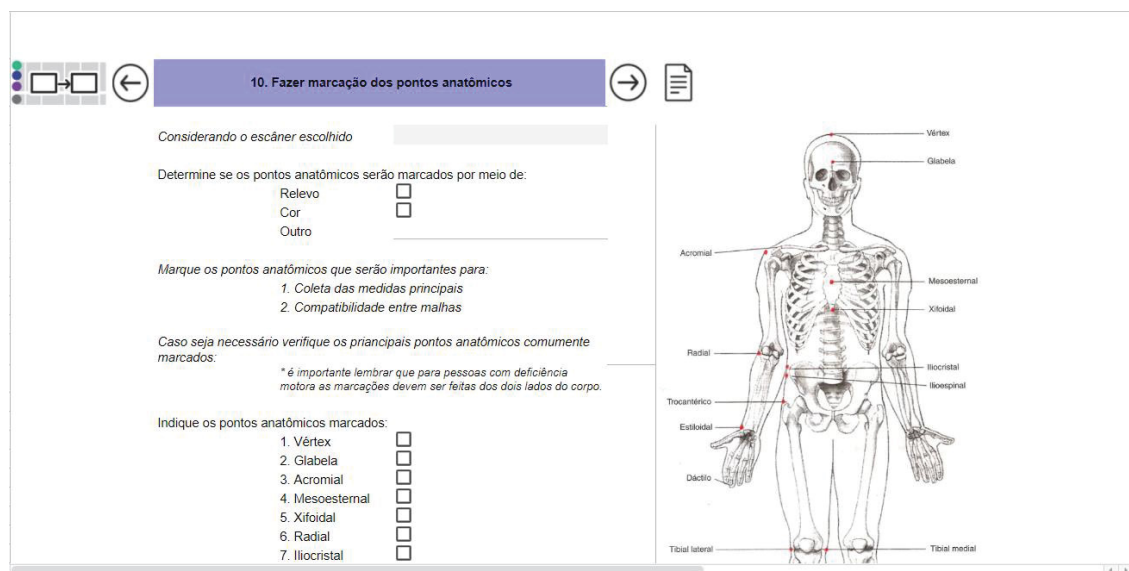
FIGURA 98 - ADap - TELA 11 - PREPARAÇÃO DO DISPOSITIVO



FONTE: A autora (2022).

Na sequência a tela 12 é onde é feita a Marcação e o registro da marcação dos pontos anatômicos. Com base no escâner escolhido que é transcrito da atividade de seleção do escâner, e que aparece automaticamente no quadro cinza claro, define-se como será feita a marcação, se em cor e/ou relevo ou outro e quais foram os pontos anatômicos marcados, Figura 99. A ilustração é de autoria de Brendler e Teixeira (2016, p. 7) e serve como um guia da posição dos pontos anatômicos principais que podem ser identificados com as caixas de seleção.

FIGURA 99 - ADap - TELA 12 - MARCAÇÃO DOS PONTOS ANATÔMICOS



FONTE: A autora (2022).

Na Preparação da PcDM, Figura 100, atividade que segue a marcação dos pontos anatômicos, assim como no caso da Preparação do ambiente, é proposto um *checklist* que é preenchido com menus suspensos.

FIGURA 100 - ADap - TELA 13 - PREPARAÇÃO DA PcDM

Elementos	Componente	Checklist
Físicos	Cabelos compridos amarrados acima dos ombros (coque).	Escolha
	Roupas ajustadas ao corpo.	Escolha
	Sem sapatos ou meias.	Escolha
	Sem uso de cremes/hidratantes na pele antes do escaneamento.	Escolha
	Sem uso de órteses.	Escolha
	Presença de equipamento para transferências	Escolha
	Com os marcadores físicos colocados (landmarks)	Escolha
Intelectuais	Recebeu instruções de preparação	Escolha
	Consentimento de participação verbal e escrito.	Escolha
	Atestado verbal de saúde.	Escolha

FONTE: A autora (2022).

Em seguida é feito o Posicionamento da PcDM no dispositivo ou na outra solução determinada, Figura 101. Para isso é apresentada a lista com as posições escolhidas (ficam marcadas como “true”), a figura de referência dos códigos e o vídeo de transferência que pode ser assistido novamente.

FIGURA 101 - ADap - TELA 14 - POSICIONAMENTO DA PcDM

Considere como base as posições definidas anteriormente

T1	FALSE	T2	FALSE
B1 - Direita	FALSE	B1 - Esquerda	FALSE
B2 - Direita	FALSE	B2 - Esquerda	FALSE
B3 - Direita	FALSE	B3 - Esquerda	FALSE
B4 - Direita	FALSE	B4 - Esquerda	FALSE
P1 - Direita	FALSE	P1 - Esquerda	FALSE
P2 - Direita	FALSE	P2 - Esquerda	FALSE
P3 - Direita	FALSE	P3 - Esquerda	FALSE
P4 - Direita	FALSE	P4 - Esquerda	FALSE
Outras:	#REF!		

Para a transferência assista e compartilhe o seguinte vídeo com o participante. Clique duplo:

[Redacted video link]

FONTE: A autora (2022).

A próxima atividade é a de Escaneamento do participante, Figura 102. Para essa tela participam os três grupos, cada um com suas atividades indicadas pelas cores dos cabeçalhos. As informações sobre o escâner e *software* de escaneamento são retornadas como lembrete aos usuários e a atividade é realizada.

Na sequência a Malha é obtida, Figura 103, e feito o upload dessa malha para o drive. A malha é salva no drive antes mesmo de feita a correção, pois dessa maneira permite a repetibilidade e rastreamento das alterações feitas na malha original.

FIGURA 102 - ADap - TELA 15 - ESCANEAMENTO

FONTE: A autora (2022).

FIGURA 103 - ADap - TELA 16 - OBTENÇÃO DA MALHA

FONTE: A Autora (2022).

Após a obtenção da malha a próxima atividade é a de Avaliação, Figura 104.

FIGURA 104 - ADap - TELA 17 - AVALIAÇÃO DA MALHA

Erros possíveis encontrados no escaneamento	Peso	Nota
Calibração	0	0
Limitações de software e hardware	0	0
Objetos estranhos	0	0
Qualidade superficial	0	0
Simplificação	0	0
Agrupamento e ligação de partes separadas devido à proximidade	0	0
Problemas de movimentação durante o escaneamento	0	0
Aberturas na malha gerados a partir de sombras ou falta de alcance	0	0
Problema no encontro e fechamento da malha (erros de costura)	0	0
Problemas relacionados ao software, salvamento e dados corrompidos	0	0
Outros...	0	0

Escala de notas	
Min	Max
0	0

Nota de corte	
Ótima	Rejeitar
0	0

Resultado: #DIV/0! A malha foi aprovada? [Aceite >](#) [< Recusa](#)

Malhas avaliadas:

Supina	Notas

FONTE: A autora (2022).

A avaliação é feita com a determinação da fórmula (feita apenas uma vez por estudo) e atribuição de notas para a(s) malha(s). Para tanto foi criado um código de cores que instrui e auxilia no processo de criação da fórmula e também de obtenção dos resultados finais que podem ser preenchidos na sequência. Para a utilização da ferramenta basta ler as instruções e preenchê-las de acordo com as cores. O resultado desse cálculo aprova ou não a malha, a partir das notas de corte definidas pelo(s) pesquisador(es) (em azul). Cada uma das malhas escaneadas pode ser avaliada e registrada no quadro abaixo do resultado. Essas informações são transcritas para o relatório final. Com a aprovação das malhas pode-se partir para a próxima etapa clicando em “aceite >”. Caso não tenha sido aprovada, clica-se em “< recusa” para retornar à atividade de escaneamento. Isso pode ser feito quantas vezes forem necessárias. Nessa também é disponibilizado o link do detalhamento da ferramenta.

A próxima atividade, Figura 105, é de Correção da malha. Nela há espaço para registro do software usado na correção e um espaço para fazer upload da malha corrigida. Na sequência são apresentadas as instruções básicas de realização da correção da malha, bem como o link para baixar o software Meshmixer, usado nas instruções. É reiterado que a utilização do guia é opcional.

FIGURA 105 - ADap - TELA 18 - CORREÇÃO DA MALHA

FONTE: A autora (2022).

Na sequência, Figura 106, podem ser registradas as medições e geometrias retiradas da(s) malha(s) e identificado o software utilizado para esta atividade. É possível adicionar mais linhas a cada nova medição realizada.

FIGURA 106 - ADap - TELA 19 - RETIRADA DE GEOMETRIAS E MEDIDAS

Retirar geometrias

17.

Retirar Medidas

Qual software será utilizado para a retirada das medidas: Meshmixer ☒ Outro (Qual?):

Preencha no quadro as dimensões e dados retirados da malha:

Descrição	Medida

FONTE: A autora (2022).

Em seguida é feita a atividade de Análise da malha, Figura 107. As malhas corrigidas podem ser acessadas a partir do botão azul que abre a pasta onde foram previamente salvas. Podem-se descrever as principais conclusões acerca da malha.

FIGURA 107 - ADap - TELA 20 - ANÁLISE DOS DADOS

18. Analisar os dados

Observe a malha obtida:

[Clique](#)

Aponte as principais conclusões acerca da malha:

FONTE: A autora (2022).

Na tela 21, Figura 108 é feito o Planejamento do produto. Nela são recuperadas a necessidade e as principais conclusões da malha da atividade anterior e é permitido que o produto seja planejado a partir da escolha e registro dos seus componentes principais como dimensões totais, material e método de fabricação, material de acabamento e material e método de fixação e necessidade de alterações na malha obtida. Após o planejamento é feito o efetivo Desenvolvimento do produto, Figura 109. Para isso pode ser utilizado como base o guia apresentado. Também são retornadas para os usuários as informações planejadas nas atividades anteriores e há espaço para o registro do software utilizado e para o upload do produto desenvolvido.

FIGURA 108 - ADap - TELA 21 - PLANEJAMENTO DO PRODUTO

19. Planejar o produto

Observe novamente a necessidade inicial identificada:

E as conclusões sobre a malha obtida:

Considerando esses fatores, indique as características do produto que será desenvolvido:

Dimensões (A x L x P):

Material principal:

Material secundário:

Material de acabamento:

Método e material de fixação:

Criação de suportes extras?

Necessita alteração na malha?

Alterações sugeridas:

FONTE: A autora (2022).

FIGURA 109 - ADap - TELA 22 - DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

20. Desenvolver o produto

Verifique as características do produto planejado:

Dimensões:

Material principal:

Material secundário:

Material de acabamento:

Método e material de fixação:

Criação de suportes extras?

Alterações sugeridas:

Qual software será utilizado para o desenvolvimento do produto:

Meshmixer ☐

Outro (Qual?):

Faça upload do produto desenvolvido:

Upload

Na sequência apresenta-se um guia simplificado de desenvolvimento do produto*.

Para a utilização do guia básico de transformação das geometrias coletadas em produtos ajustados ao corpo é importante ter um breve conhecimento sobre malhas e modelagem 3D.

Para o guia é usado o programa Meshmixer, visto que é gratuito e de fácil utilização.

FONTE: A autora (2022).

O próximo passo é o de Avaliação do produto, Figura 110. Nessa avaliação é utilizado o questionário da QUEST (CARVALHO; GOIS; SÁ, 2014) que é respondido tanto pela pessoa com deficiência motora quanto pelo clínico responsável. Essa avaliação pode ser física ou virtual dependendo do produto e disponibilidade dos participantes. A aprovação depende da nota dada pelos dois. Se for aprovado pode-se dar continuidade nas atividades, caso não, retorna-se para a atividade de desenvolvimento. A continuidade é a entrega do produto, Figura 111.

FIGURA 110 - ADap - TELA 23 - AVALIAÇÃO DO PRODUTO

O objetivo do questionário QUEST é avaliar o grau de satisfação com seu recurso de tecnologia assistiva e os serviços relacionados que você usou.

Selecione o que melhor descreve seu grau de satisfação com cada um dos 12 itens.

• Em caso de algum item com o qual você não tenha ficado "totalmente satisfeito", comente na seção comentário.

RECURSO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA
Qual é o seu grau de satisfação com:

	Resposta	Comentário
1. as dimensões (tamanho, altura, comprimento, largura) do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha	
2. o peso do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha	
3. a facilidade de ajustar (fixar, afivelar) as partes do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha	
4. a estabilidade e a segurança do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha	
5. a durabilidade (força e resistência ao desgaste) do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha	
6. a facilidade de uso do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha	
7. o conforto do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha	
8. a eficácia do seu recurso de tecnologia assistiva (o quanto seu recurso atende às suas necessidades)?	Escolha	

SERVIÇOS
Qual é o seu grau de satisfação com:

	Resposta	Comentário
9. o processo de entrega (procedimentos, tempo de		

FONTE: A autora (2022).

FIGURA 111 - ADap - TELA 24 - ENTREGA DO PRODUTO

O produto foi entregue? Escolha

Registro de entrega:

Data: Clique duplo
Hora: 00:00

Quem recebeu: _____

FONTE: A autora (2022).

A última atividade, Figura 112, é a avaliação do processo.

FIGURA 112 - ADap - TELA 25 - AVALIAÇÃO DO PROCESSO

Essa avaliação é preferencialmente feita em conjunto entre todos os participantes.

	Questões	Parâmetro de sucesso	Resposta	Comentários
Capacidade de participação	O participante consegue ser escaneado?	Conseguir ser escaneado	Escolha	
	A alteração feita para o participante conseguir ser escaneado estava prevista pelo sistema?	Alterações previstas (faixas, apoios e suportes)	Escolha	
	O motivo pelo qual o participante não conseguiu ser escaneado estava previsto?	Razões previstas (movimentação incontrolável, tamanho do participante, ...)	Escolha	
	O participante conseguiu atingir as posições requeridas?	Conseguir atingir as posições	Escolha	
	As posições foram suficientes para a necessidade da coleta?	Posições suficientes	Escolha	
	Se não foi possível atingir as posições padronizadas, a posição alternativa digitalizada foi possível de ser utilizada?	Posições alternativa poder ser utilizada	Escolha	
Sucesso do escaneamento	O participante estava confortável?	Participante confortável	Escolha	
	Houve desistência durante o escaneamento?	Não haver desistência	Escolha	
	Houve confusão no momento de digitalização, por parte dos operadores ou participantes?	Não haver confusão	Escolha	
	O escaneamento gerou malha 3D?	Gerar malha 3D	Escolha	
	Foram gerados erros na malha? Quais? (calibração, costura, aberturas, objetos estranhos, movimentação, limitações do equipamento, saliências, fusões, etc.)	Quantidade e tipo de erros gerados	Escolha	
	Os erros gerados na malha puderam ser concertados?	Capacidade de concerto	Escolha	
	Houve necessidade de refazer o escaneamento?	Não haver necessidade	Escolha	
	A nova malha gerada está adequada para uso?	Adequação da malha	Escolha	

FONTE: A autora (2022).

Esta atividade consiste na resposta de perguntas e avaliação da sua aderência aos parâmetros indicados. A partir dessas respostas é possível modificar o sistema ou os parâmetros do experimento para que fiquem melhor adaptados às necessidades dos participantes. A última aba apresenta o relatório gerado automaticamente, Figura 113 - a, a partir das respostas para as atividades que têm o registro como necessário para compreensão da antropometria digital do participante. Este pode ser impresso, Figura 113 - b, arquivado e utilizado juntamente com as malhas obtidas.

FIGURA 113 - ADap - TELA 26 - RELATÓRIO



Antropometria digital adaptada
para pessoas com deficiência
motora



Relatório de antropometria digital

Identificação	Nome									
	Idade									
	Deficiência									
	Necessidade Identificada									
	Identificação do clínico responsável									
	Identificação do técnico responsável									
Data e hora de realização	Termos de consentimento	Termos assinados								
	Data	Clique duplo								
	Hora	00:00								
	Códigos CIF:	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>b110.</td> <td>Escolha</td> </tr> <tr> <td>b114.</td> <td>Escolha</td> </tr> <tr> <td>b117.</td> <td>Escolha</td> </tr> <tr> <td>b130.</td> <td>Escolha</td> </tr> </tbody> </table>	b110.	Escolha	b114.	Escolha	b117.	Escolha	b130.	Escolha
	b110.	Escolha								
b114.	Escolha									
b117.	Escolha									
b130.	Escolha									

[illegible]

LEGENDA: a) Tela do relatório; b) Relatório impresso em pdf.

FONTE: A autora (2022).

Com a impressão do relatório também é finalizada a aplicação do sistema e pode-se clicar no botão de retorno ao protocolo para iniciar a uma nova aplicação. Caso seja de vontade dos pesquisadores da reutilização do sistema já preenchido com as informações básicas do estudo pode-se criar uma cópia duplicada para aplicação com um novo usuário com os mesmos parâmetros já preenchidos.

7.1 PROTOTIPAGEM DO SISTEMA

A primeira atividade da prototipagem foi o recrutamento e instrução dos participantes, em número de três, onde cada um cumpre um dos papéis identificados no protocolo, uma pessoa com deficiência motora, um especialista na área de digitalização 3D e uma especialista na área da saúde.

O primeiro participante selecionado foi o especialista na área de digitalização para o desenvolvimento de produtos adaptados. O participante tem formação em Design e experiência na área de digitalização 3D. Na área de desenvolvimento de produtos pesquisa sobre o desenvolvimento de tecnologia assistiva há mais de seis anos. Além disso, possui experiência na operação do escâner utilizado, o Kinect 360 (MICROSOFT, 2019). Após convite de participação e assinatura do TCLE, a instrução do participante, aqui referido como E3D (Especialista em digitalização 3D), consistiu na apresentação do protocolo, da plataforma digital e seus modos de preenchimento e também no protocolo de escaneamento definido no capítulo anterior.

A segunda participante convidada foi uma especialista da área da saúde com formação e experiência em Terapia Ocupacional, na área de atendimento de pessoas com deficiência. A participante possui experiência tanto teórica quanto prática na área de desenvolvimento e adaptação de produtos de TA bem como na área diagnóstica há mais de 15 anos. Participa de projetos onde trata da introdução e acompanhamento das PcDs para a realização de esportes e outras atividades associadas com a melhoria da qualidade de vida. Ademais, tem conhecimento básico na área de digitalização 3D. Após convite e assinatura do TCLE, a sua instrução ocorreu com a apresentação do protocolo, plataforma digital e modos de preenchimento. Também foi instruída sobre os possíveis resultados alcançados com o uso do sistema. A participante é referenciada neste como ETO (Especialista em Terapia Ocupacional).

Durante a reunião de instrução a ETO foi questionada sobre algum paciente seu que se encaixaria nos requisitos de seleção desta pesquisa e que poderia

participar da prototipagem. Com resposta positiva, a participante recomendou uma paciente que é usuária de cadeira de rodas e não ambulante, atleta da área da canoagem e que tinha necessidade de múltiplas adaptações de Tecnologia Assistiva, como para a canoa e para sua cadeira de rodas e que essas adaptações seriam idealmente contornadas ao corpo. Com isso foi cumprida a primeira atividade do sistema que é a identificação da necessidade de uma PcDM.

Na sequência foi feito o convite a essa participante, que é a segunda atividade. Na descrição da prototipagem a paciente é chamada de PcDM. No convite foi explicado o sistema, apresentadas as etapas, possíveis resultados e foram feitas as recomendações de tipo de roupa que deveria ser usada para a digitalização. Após essas explicações a PcDM foi questionada sobre a sua aceitação em participar da prototipagem e com sua resposta positiva, foi marcada data e hora para a participação. Com isso, a participante foi convidada a assinar o termo de consentimento, que são a segunda e a terceira atividades respectivamente.

A próxima atividade consistiu na avaliação das características individuais da PcDM por parte da ETO, com a ferramenta disponibilizada no sistema que é baseada na CIF (2003). Como a ETO já possuía conhecimento sobre a PcDM e suas capacidades e necessidades, a avaliação foi realizada individualmente. Uma breve descrição dos acometimentos da PcDM pode ser feita para explicitar suas necessidades e funcionalidade indicadas na avaliação. A PcDM possui uma condição chamada síndrome pós-poliomielite (ou pós-pólio).

A síndrome pós-pólio (SPP) é uma desordem do sistema nervoso que se manifesta em indivíduos que tiveram poliomielite, após, em média, 15 anos ou mais. Ela apresenta um novo quadro sintomatológico: fraqueza muscular e progressiva, fadiga, dores musculares e nas articulações, resultando em uma diminuição da capacidade funcional e/ou no surgimento de novas incapacidades. (SES-SP, 2006, n.p.)

Para a PcDM as consequências dessa síndrome são incapacidade de controle muscular na parte inferior do tronco (lombar e abdômen) e membros inferiores, além da fadiga que afeta sua memória. Além disso, como consequência da compensação postural possui escoliose e desvio no quadril e ombros, rotação do quadril e incapacidade de extensão completa dos membros inferiores, pois a posição causa movimentações involuntárias. Não há acometimentos nos membros superiores ou cabeça. A síndrome é progressiva e seu quadro tem tendência de agravamento. Por isso, há necessidade de produtos que corrijam e limitem a progressão de

deformidades consequentes da fraqueza muscular e compensação postural. Com o preenchimento da ferramenta, os códigos que diferiram de zero e as recomendações associadas são apresentados no Quadro 32.

QUADRO 32 - CLASSIFICAÇÃO DA PcDM

Códigos CIF	Qualificador	Recomendações
PARTE 1a: DEFICIÊNCIAS DAS FUNÇÕES DO CORPO		
b1. FUNÇÕES MENTAIS		
b144 Memória	1 Deficiência leve	1 a 4 - Reforçar a compreensão das atividades, fornecer guias visuais e repetir as tarefas quantas vezes se fizer necessário.
b7. FUNÇÕES NEUROMUSCULOESQUELÉTICAS E RELACIONADAS AO MOVIMENTO		
b710 Mobilidade das articulações	3 Deficiência grave	3 e 4 - Permitir alterações nas posições desde que não alterem a capacidade de escaneamento. Caso não seja possível o escaneamento, da parte requerida, não realizar escaneamento.
b730 Força muscular	3 Deficiência grave	3 e 4 - Fornecer apoio para os membros e faixas de segurança. Não requisitar força do participante.
b735 Tônus muscular	3 Deficiência grave	3 e 4 - Fornecer apoio para os membros e faixas de segurança. Não requisitar força do participante.
b765 Movimentos involuntários	1 Deficiência leve	1 e 2 - Realizar a digitalização do participante em momentos em que tem controle de movimento.
PARTE 1b: DEFICIÊNCIAS DAS ESTRUTURAS DO CORPO		
s7. ESTRUTURAS RELACIONADAS AO MOVIMENTO		
s720 Região de ombro	1 Deficiência leve 6 Posição desviada	1 e 2 - Realizar a digitalização do participante tal como se apresenta. 3 a 7 - Fixar o membro na posição mais aproximada possível da requerida.
s740 Pelve	4 Deficiência completa 6 Posição desviada	3 e 4 - Fornecer faixas para fixação e estabilização da pelve. 3 a 7 - Fixar o membro na posição mais aproximada possível da requerida.
s750 Extremidade inferior (<i>perna, pé</i>)	4 Deficiência completa 6 Posição desviada	3 e 4 - Fornecer faixas para fixação e estabilização dos membros inferiores. 3 a 7 - Fixar o membro na posição mais aproximada possível da requerida.
s760 Tronco	3 Deficiência grave 6 Posição desviada	3 e 4 - Fornecer faixas para fixação e estabilização do tronco. 2 a 7 - Fixar o membro na posição mais aproximada possível da requerida.
PARTE 2: LIMITAÇÕES DE ATIVIDADES E RESTRIÇÃO À PARTICIPAÇÃO		
d4. MOBILIDADE		
d450 Andar	4 Deficiência completa 0 Nenhuma dificuldade	3 e 4 - Permitir acesso ao dispositivo por meio de cadeira de rodas. Realizar o transporte e a transferências do participante.
d465 Deslocar-se utilizando algum tipo de equipamento	4 Deficiência completa 0 Nenhuma dificuldade	3 e 4 - Realizar o transporte e a transferências do participante.
PARTE 3: FATORES AMBIENTAIS		
e1. PRODUTOS E TECNOLOGIA		
e110 Produtos ou substâncias para consumo pessoal (<i>comida, remédios</i>)	+1 Facilitador LEVE	+1 à +4 - Se remédios diminuem sintomas que afetam a qualidade do escaneamento como por exemplo movimentações involuntárias agendar o escaneamento no momento de seu melhor funcionamento.
e115 Produtos e tecnologia para uso pessoal na vida diária	+4 Facilitador COMPLETO	+1 à +4 - Apenas retirar a TA do participante quando o participante já estiver posicionado (facilitar o acesso à TA e não a retirar do ambiente).
e120 Produtos e tecnologia para mobilidade e transporte pessoal em ambientes internos e externos	+4 Facilitador COMPLETO	+1 à +4 - Apenas retirar a TA do participante quando o participante já estiver posicionado (facilitar o acesso à TA e não a retirar do ambiente).

FONTE: A autora (2022).

A participante não é ambulante e se desloca com cadeira de rodas manual, a partir da qual consegue fazer a transferência sem auxílio para e de outras superfícies e para o chão. Sobre ela também é importante destacar que é atleta profissional da área de canoagem e tem ótimo condicionamento físico, grande força nos membros superiores e uma ótima consciência corporal.

Na sequência foi realizada a próxima atividade de escolha do escâner e software de escaneamento por parte do E3D. O escâner escolhido foi o Kinect 360 (MICROSOFT, 2019) e o software o Skanect (OCCIPITAL, 2019), a validação do escâner para a antropometria digital foi feita por Clarkson et al. (2015).

Na próxima atividade, de planejamento da solução de escaneamento, que é compartilhada pelo E3D e pela ETO, foram checadas as recomendações, Quadro 32 (já apresentado), e decidida pela utilização do dispositivo ortoposicionador. Foram selecionadas as seguintes poses para a digitalização, pose supina 1, T1 (tronco na posição supina), B1 (membros superiores estendidos ao lado do corpo), P2 (membros inferiores flexionados em um ângulo de 90°) e pose supina 2, T1, B1, P1 (membros inferiores estendidos) e pose prona, T2 (tronco na posição prona), B4 (membros superiores estendidos para frente), P3 (membros inferiores em abdução com pés apoiados em superfície paralela ao chão), realizadas simetricamente. As poses foram escolhidas por possibilitar o uso da soma das poses prona e supina 1 para a geração de uma malha com menos deformação e pôr a pose supina 2 ser a utilizada pela PcDM na canoagem, o que auxilia no processo de desenvolvimento de produto.

Ainda no planejamento, em relação a memória da PcDM foi proposto que as atividades fossem repetidas visualmente antes da sua realização. Sobre a mobilidade das articulações, houve uma preocupação em usar uma versão da pose P1 com os membros inferiores levemente flexionados de modo que não causassem movimentações involuntárias, além da indicação da necessidade de uma faixa de segurança que auxiliasse na manutenção da posição. Também foi requisitado o uso dos suportes dos membros inferiores em todas as posições. Em relação ao posicionamento foi definida a posição dos membros tal como se apresentavam sem o alinhamento do tronco quando apoiado no dispositivo. Bem como para as posições desviadas dos membros inferiores optou-se pela sua acomodação, mas não reposicionamento de modo a obter-se um modelo real da postura da participante.

As próximas atividades ocorreram todas no dia da digitalização que foi realizada em uma sala apropriada da UFPR, no andar térreo e com acesso por rampas

e banheiro adaptado. O dia foi iniciado pela preparação do ambiente com o preenchimento do checklist fornecido onde todas as respostas foram positivas. Ainda, como a PcDM tem como facilitador o uso da cadeira de rodas, o espaço foi organizado de modo que a cadeira pudesse ser manobrada livremente pela participante. Em seguida a PcDM foi recebida pelos participantes e pela pesquisadora que monitorou a prototipagem. Estavam presentes neste dia, a PcDM e seu cuidador físico, a ETO, o E3D e um auxiliar e a pesquisadora. Com a chegada da Participante as explicações acerca do sistema e dispositivo foram refeitas com a demonstração das poses escolhidas e do processo de transferência assim como definido no planejamento.

Em seguida foi solicitado que a PcDM fizesse a troca de roupas, e a amarração dos cabelos em coque. Enquanto isso, foi feita a preparação do dispositivo com sua higienização e acabamento com limpa vidros para garantir sua transparência. A próxima atividade foi a de marcação dos pontos anatômicos para os quais foram usadas marcações da própria roupa da participante como pontos de referência como o cóc da calça, alça do top e costuras laterais. Essas referências selecionadas são identificáveis na malha digitalizada via cor e via relevo. Feito isso, foi preenchido o checklist de preparação da PcDM. Seus cabelos compridos estavam amarrados, as roupas eram ajustadas ao corpo e não usava sapatos, meias, cremes ou órteses. A participante não precisa de equipamento para transferência, recebeu instruções de preparação, consentiu com a participação e estava saudável.

Sendo assim, iniciou-se o posicionamento da PcDM. O primeiro passo foi a realização da transferência. Esta ocorreu sem dificuldade e sem auxílio. Ademais, o contrapeso requisitado pelo guia não foi necessário. Apesar disso, a ETO se manteve do lado oposto do dispositivo caso houvesse essa necessidade. Para esta etapa é importante destacar que a PcDM tem bastante experiência com transferências difíceis como para o chão -o que é uma das transferências mais difíceis de se realizar pois tratam-se de planos com alturas muito diferentes entre si-, e que para outros participantes acredita-se que haveria mais necessidade de auxílio na transferência. Sobre esse processo a ETO comentou que o auxílio da transferência para aqueles que precisassem não seria difícil pois o dispositivo é estável e permite a colocação da pessoa de lado antes de adoção da pose supina, o que facilita a transferência auxiliada por profissionais ou por tábuas de transferência.

Em seguida a participante colocou-se na pose supina 1, e os suportes dos pés foram ajustados na altura ideal pela ETO. Após o ajuste dos suportes, o dispositivo foi

rotacionado, por duas pessoas, uma na frente e outra atrás do dispositivo para a posição de escaneamento, Figura 114. No caso da participante, a altura ideal do suporte dos pés é aquela que permite seu apoio, mas não altera a posição natural do pé que naturalmente não se conforma na superfície plana do suporte, como pode ser verificado no pé esquerdo na Figura. Nesse momento a PcDM comentou que a pose estava bastante confortável, repetindo o que tinha sido dito no teste do protótipo.

FIGURA 114 - PcDM NA POSE SUPINA 1 (T1, B1, P2)



FONTE: A autora (2022).

A próxima atividade foi a de escaneamento da participante. Este foi realizado pelo E3D, e a gestão dos cabos foi feita pelo auxiliar. A malha foi obtida com sucesso e em seguida foi avaliada pelo E3D. Na avaliação da malha que consiste na atividade 15 do sistema, foram considerados os seguintes erros e pesos para os erros, previamente definidos pelo E3D: Limitações de software e hardware com peso 2; Objetos estranhos com peso 1; Qualidade superficial com peso 2; Simplificação da malha com peso 2; Agrupamento e ligação de partes separadas devido à proximidade com peso 2; Problemas de movimentação durante o escaneamento com peso 3; Aberturas na malha gerados a partir de sombras ou falta de alcance com peso 3; e Problema no encontro e fechamento da malha com peso 2. Com o cálculo da ferramenta, a primeira malha obteve a nota 88.

Com essa nota a malha foi aprovada, a PcDM foi convidada a fazer o reposicionamento dos membros inferiores para a pose P1, Figura 115, para a qual foi colocada uma faixa de segurança logo acima dos joelhos, auxiliando-a a manter a

posição. O reposicionamento foi auxiliado pela ETO. Nessa posição foi feita uma nova digitalização, obtendo-se uma outra malha completa. Essa malha também foi avaliada pelo E3D gerando uma nota de 77 e foi aprovada. Assim como a transparência do dispositivo se apresenta como se ele não existisse, a faixa de segurança também não é reconhecida pelo escâner. A nota para essa pose foi mais baixa pois na digitalização não foi captada completamente a parte interna dos membros superiores. Apesar disso, essas duas aberturas não afetavam o uso planejado para essa malha, que era principalmente a geometria dos membros inferiores estendidos.

FIGURA 115 - PcDM NA POSE SUPINA 2 (T1, B1, P1)



FONTE: A autora (2022).

Assim, partiu-se para adoção da terceira pose que é a prona onde a parte frontal do tronco é apoiada no dispositivo. Para a adoção dessa, o processo de transferência para a pose prona foi explicado novamente, com a apresentação do vídeo de simulação. A PcDM usou o procedimento de deslizar primeiro os membros inferiores para os recortes centrais para depois rotacionar o tronco. Como segurança, o cuidador físico da PcDM colocou-se na frente do dispositivo de modo a garantir que este não movesse nessa direção. Isso poderia ocorrer visto que a participante tem mais massa muscular nos membros superiores deslocando seu ponto de equilíbrio, o que pode desestabilizar o dispositivo nessa posição, Figura 116.

FIGURA 116 - PcDM NA POSE PRONA (T2, B4, P3)



FONTE: A Autora (2022).

Neste momento quando questionada a participante declarou que estava confortável. Nesse ponto a avaliação de conforto da participante divergiu de algumas das pessoas sem deficiência que testaram o dispositivo. Acredita-se que seja por que como não tem sensibilidade nos membros inferiores, o possível desconforto com a abdução não é sentido. Outra possibilidade é que a participante tem naturalmente um maior alongamento que permite uma maior abdução de pernas sem desconforto. Caso essa pose fosse mantida por muito tempo isso poderia ser um incômodo, no entanto, como é uma pose adotada por poucos minutos, essa questão não foi considerada como um ponto negativo relevante pela ETO.

Sobre essa pose, preocupou-se com o posicionamento do tronco e quadril nas posturas mais naturais da participante e esta foi avaliada pela ETO antes da realização da digitalização. Para a digitalização dessa pose o E3D focou na digitalização completa da parte posterior do tronco e se preocupou menos com a coleta da parte apoiada no dispositivo pois essa geometria já tinha sido captada duas outras vezes. O resultado foi uma malha com a coleta completa da parte posterior do tronco, mas com algumas aberturas na parte frontal. Com a avaliação da malha esta recebeu uma nota de 65, e também foi aceita. Assim, a participante foi convidada a voltar para a pose supina e foi feito o processo para a sua transferência de volta para a cadeira de rodas que também correu sem dificuldades e sem auxílio.

Após as digitalizações, a participante foi liberada e iniciaram-se as atividades relacionadas com a correção da malha digitalizada por parte do E3D. Sobre o processo de digitalização da PcDM com o dispositivo, o E3D comentou que realizar os escaneamentos foi fácil e que não era mais trabalhoso do que escanear uma pessoa na posição em pé. Ele também não relatou incômodo acerca dos pés do dispositivo ou dificuldade de alcançar partes do corpo da participante.

A próxima atividade foi a de correção das malhas, realizada com o programa Meshmixer (AUTODESK, 2020b) e seguindo o guia do sistema. As malhas corrigidas podem ser visualizadas no Quadro 33. Para as malhas foi mantida a referência da cor das roupas pois serviriam como guias para a soma das malhas prona e supina.

QUADRO 33 - MALHAS CORRIGIDAS

Poses			
	T1 B1 P2	T1 B1 P1	T2 P3 B4
Frente			
Traz			

LEGENDA: As áreas brancas da malha são as partes reconstruídas que eram originalmente aberturas.

FONTE: A autora (2022).

Pode-se visualizar no quadro que foi possível corrigir as malhas de modo a obter malhas completas e morfologicamente realistas em todas as três digitalizações.

Em posse das malhas corrigidas foram coletadas as principais dimensões lineares da PcDM usando como base a primeira malha escaneada pois foi a que recebeu a melhor nota de qualidade e também é a que possui a pose mais tradicional para a antropometria sentada, exceto para dimensões da perna esticada para as quais foi usada a segunda malha. Nesse momento também foram identificadas as melhores geometrias de cada malha e essas informações foram inseridas na plataforma digital. A Tabela 8, que resume os resultados dessa atividade, é transposta diretamente do sistema. As medições foram feitas para os dois lados do corpo e as dimensões que diferem entre o lado direito e esquerdo do corpo estão identificadas.

TABELA 8 - MORFOLOGIAS E MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS (mm) DA PcDM

Descrição	Medidas e geometrias	
<i>Geometrias da malha Supina 1</i>	Parte frontal do tronco e pernas	
<i>Geometrias da malha Supina 2</i>	Pés e braços	
<i>Geometrias da malha Prona</i>	Parte traseira do tronco e pernas	
<i>Altura da cabeça a partir do assento</i>	85,1	
<i>Altura dos olhos a partir do assento</i>	71,9	
<i>Altura dos ombros a partir do assento</i>	56,2	
<i>Altura dos cotovelos a partir do assento</i>	22,5	
<i>Altura da coxa</i>	15,7	
<i>Altura poplítea</i>	40,6	
<i>Altura do joelho sentado</i>	46,4	
<i>Comprimento do braço até a palma da mão</i>	55,6	
<i>Comprimento nádega-poplítea</i>	D - 48,4	E - 52
<i>Comprimento nádega-jelho</i>	60,5	
<i>Comprimento nádega-pé (perna esticada)</i>	D - 103,7	E - 101,1
<i>Largura entre cotovelos</i>	49,8	
<i>Largura do quadril sentado</i>	37,1	

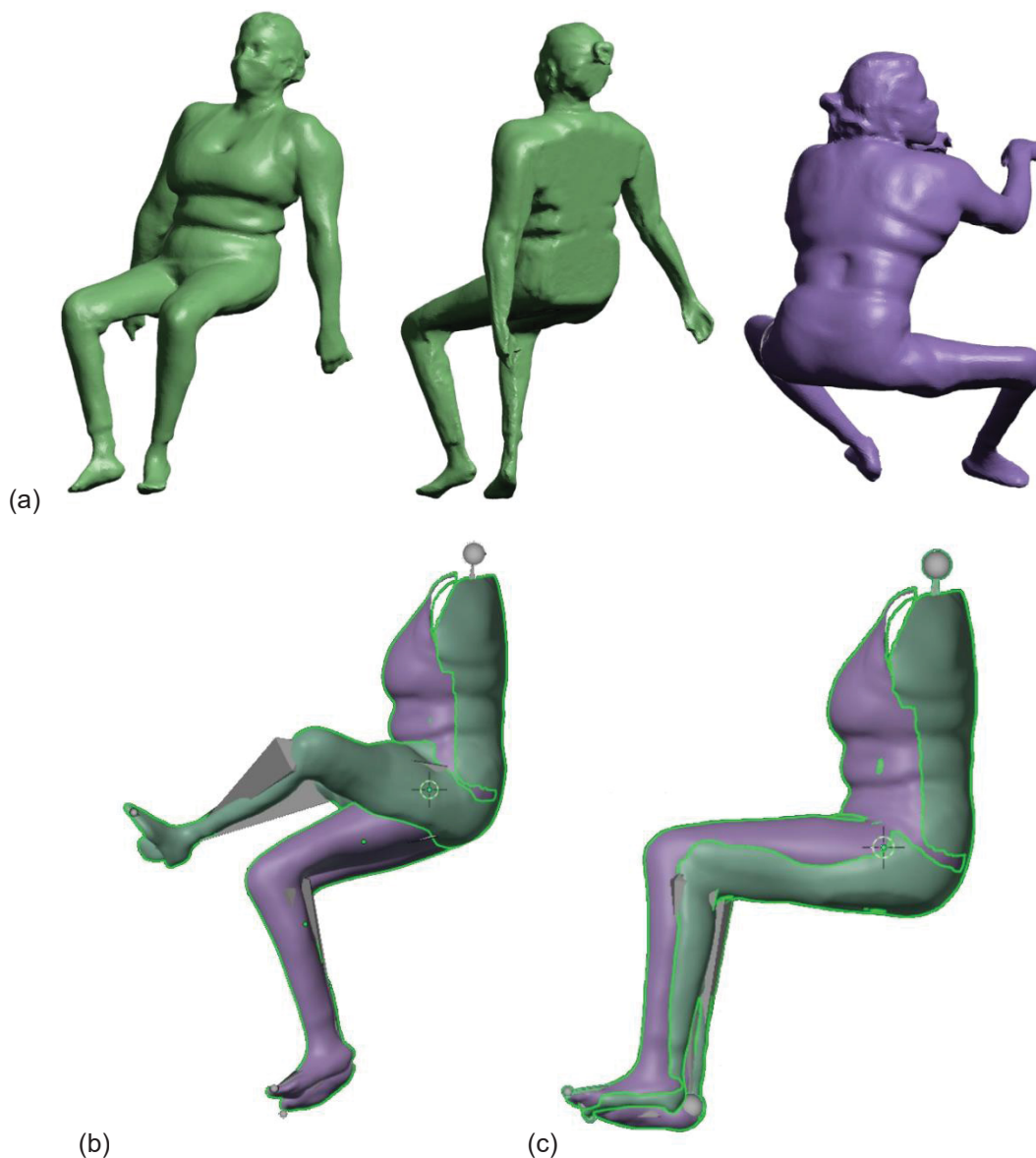
LEGENDA: D - Lado direito do corpo; E - Lado esquerdo do corpo.

FONTE: A autora (2022).

Na sequência as geometrias das malhas obtidas foram agregadas para a criação de um modelo humano digital morfológica e dimensionalmente acurado à PcDM. Para isso, com o programa Blender (2022), as malhas supinas 1 e prona, Figura 117 - a, foram agregadas de um esqueleto virtual, os troncos das duas malhas foram sobrepostos e alinhados, Figura 117 - b. Em seguida as angulações dos membros inferiores foram alinhadas entre si, Figura 117 - c. Nesse alinhamento manteve-se a posição natural da participante, por exemplo, ela mantém naturalmente a perna esquerda mais elevada do que a direita por causa da rotação do quadril. O reposicionamento dos membros inferiores foi verificado e aprovado pela ETO. Na figura os membros superiores e cabeça foram escondidos na etapa de alinhamento

de modo a facilitar a visualização do tronco. Após esse alinhamento as malhas foram mescladas para obter-se o modelo humano digital completo.

FIGURA 117 - CRIAÇÃO DO MODELO HUMANO DIGITAL DA PcDM



LEGENDA: a) Malhas utilizadas na criação do modelo humano; b) Alinhamento dos troncos;
c) Reposicionamento das pernas.

FONTE: A autora (2022).

Sobre a deformação natural dos tecidos que acontecem quando o participante está sentado no dispositivo cabe destacar três coisas. Em primeiro lugar, para fazer a mesclagem das malhas, retira-se toda a parte visivelmente deformada e, após a sobreposição das malhas, caso haja divergências dimensionais utiliza-se uma média entre as dimensões obtidas preenchendo o espaço. Em segundo uma certa

deformação relacionada com a posição sentada é desejada visto que o produto será usado com a pessoa sentada e que precisa contorná-la corretamente nesta posição. Em terceiro, para pessoas com maior quantidade de tecido adiposo, sugere-se que haja uma verificação sobre a efetiva possibilidade de mesclar as geometrias caso a divergência dimensional entre as duas malhas coletadas seja muito grande.

A próxima atividade foi a averiguação do modelo humano digital da PcDM para verificar se poderia ser utilizado no desenvolvimento de produtos, o que foi confirmado pela ETO por meio de comparação com as dimensões e morfologias reais da participante. Com essa análise iniciou-se o planejamento do produto que é feito em conjunto entre a ETO e o E3D. Para esse desenvolvimento foram criadas duas equipes de projeto visto que foram requisitados dois produtos diferentes, a adaptação do assento da cadeira de rodas e uma adaptação para o barco de competição. Nesta prototipagem aprofunda-se sobre a adaptação feita à cadeira de rodas da participante. Mas esse modelo humano digital também foi utilizado para o desenvolvimento da adaptação do barco de competição da PcDM.

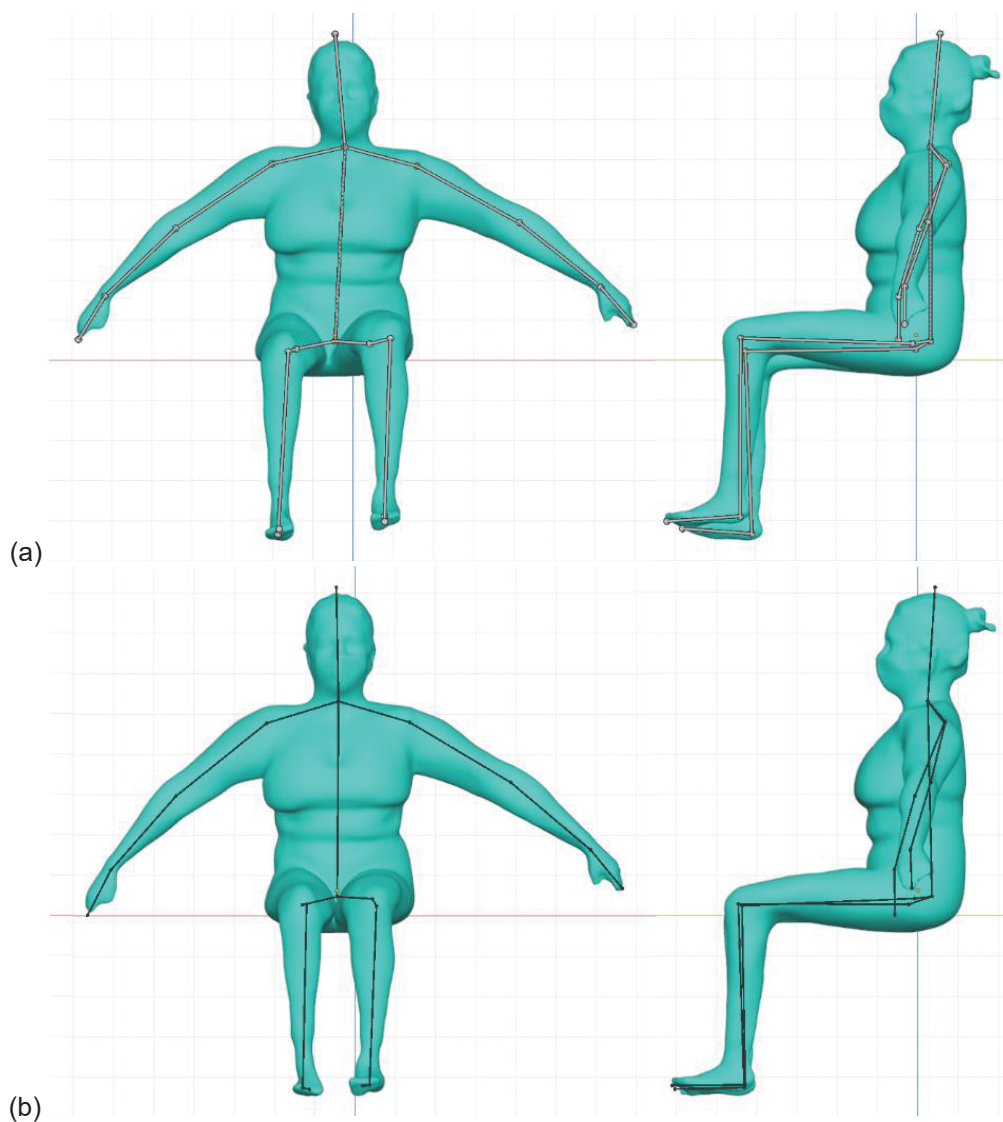
O planejamento do assento adaptado para a cadeira de rodas se deu em uma reunião onde foram definidas as seguintes características para o produto: dimensões totais de 32 x 34 x 36 cm, com altura do assento de 7 cm e profundidade do encosto de 4 cm, material principal de estrutura de plástico, material secundário de espuma viscoelástica, intermediário entre a pessoa e a estrutura plástica, tecido de cobertura de poliéster e material de fixação por velcro, sem necessidade de suportes extras. Foi pedido que o produto fosse um bloco único de modo que facilitasse o transporte e reutilização em outros assentos como para viagens longas de carro.

Ademais, foi requisitado que o produto não só sustentasse e contornasse, como também reposicionasse a postura da PcDM de modo a corrigir e limitar o avanço das deformidades. Por esse mesmo motivo que foi optado por uma estrutura rígida de plástico não um assento em espuma. A espuma se deforma com o tempo, o que permite a formação e agravamento de deformidades. Aqui cabe ressaltar que esse tipo de reposicionamento não deve ser realizado sem a supervisão de um profissional experiente na área e que todas as alterações foram sugeridas e avaliadas pela ETO. Ainda, por se tratar de uma readequação postural, optou-se por desenvolver um protótipo do assento, que é avaliado, para depois fabricá-lo efetivamente.

A readequação postural foi feita no modelo humano digital da PcDM para que a postura estivesse adequada para o projeto sob recomendação e revisão da ETO.

As alterações sugeridas foram: rotação do quadril verticalmente em 15° do lado direito, alinhamento da coluna em ângulo de 90° , alinhamento das pernas para que fiquem perpendiculares com o quadril e na mesma altura entre si formando um ângulo de 90° no quadril, perna e joelhos. Essas alterações podem ser visualizadas na Figura 118.

FIGURA 118 - REPOSICIONAMENTO DO MODELO HUMANO DIGITAL DA PcDM



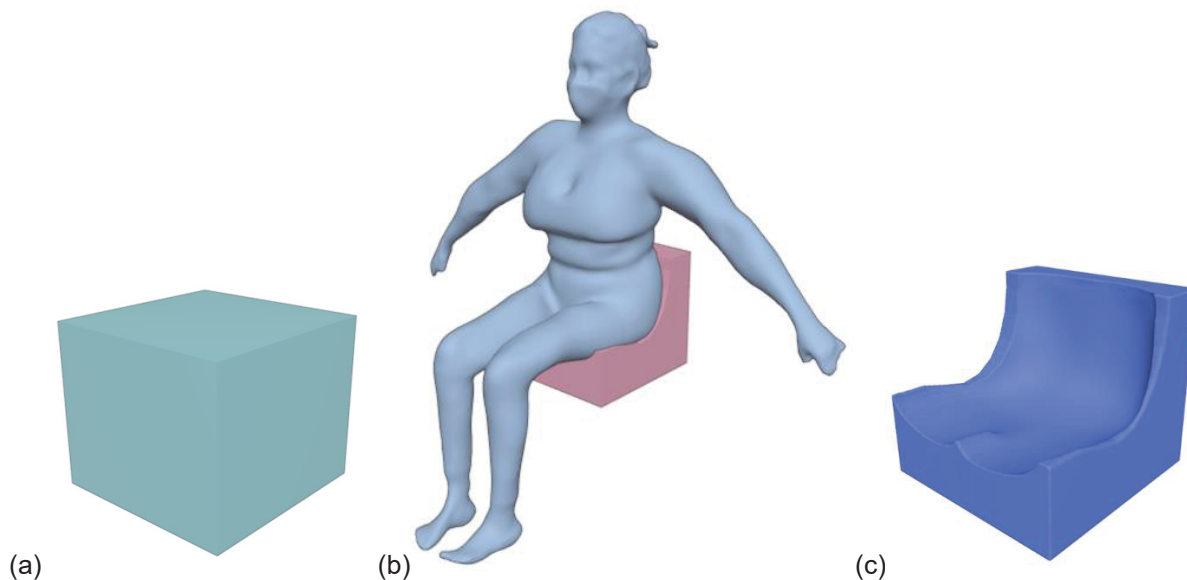
LEGENDA: a) Postura natural da PcDM; b) Reposicionamento da PcDM.

FONTE: A autora (2022).

Após o planejamento foi feito o desenvolvimento digital do produto no programa Blender. Nessa atividade o E3D optou por não utilizar o guia apresentado na vigésima atividade e sim fazer o desenvolvimento do assento a partir de operações booleanas. Essa técnica consiste em criar uma geometria com as dimensões totais do produto, 32 x 34 x 36 cm, posicionar o modelo humano alinhado com essa geometria, foi

posicionado o modelo com os afastamentos de 7 e 4 cm do assento e encosto respectivamente, e retirar dela a porção ocupada pelo modelo humano, Figura 119.

FIGURA 119 - DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO



LEGENDA: a) Cubo com as dimensões totais; b) Posicionamento e retirada booleana da geometria do assento; c) Assento conformado à geometria.

FONTE: A Autora (2022).

Em seguida foi fabricado o protótipo deste produto para que fosse avaliado. Esse protótipo foi impresso em 3D, com uma impressora com processo por extrusão de material PLA, sem a adição da espuma viscoelástica ou cobertura em tecido de modo que fosse possível visualizar a PcDM sentada e avaliar se o reposicionamento atendia as demandas posturais indicadas pela ETO, Figura 120.

FIGURA 120 - DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DO ASSENTO



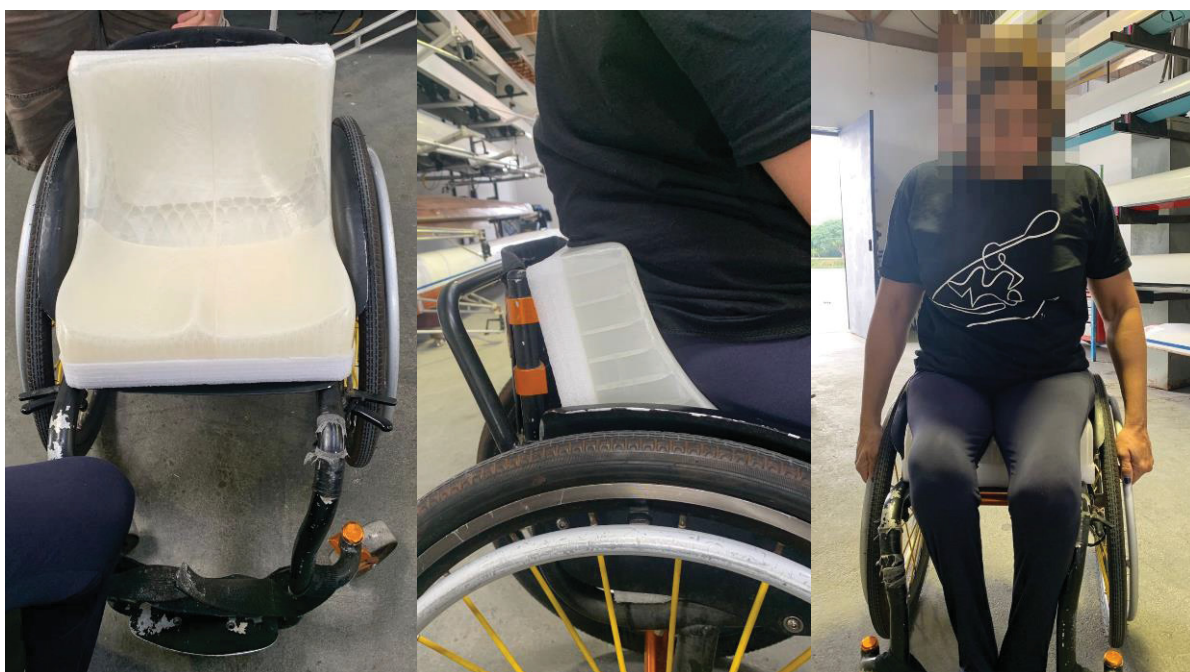
LEGENDA: a) Modelo 3D do protótipo; b) Protótipo impresso em 3D c) Protótipo montado.

FONTE: A autora (2022).

Para a avaliação do protótipo, este foi instalado na cadeira de rodas e provado pela PcDM, Figura 121. Na prova a ETO pediu que a PcDM realizasse algumas voltas com a cadeira com o assento e que realizasse algumas atividades e posições para que pudesse verificar a sua usabilidade e posicionamento. Como primeiras impressões, a ETO relatou que o assento se moldava corretamente à morfologia da PcDM e que o reposicionamento estava correto, e alinhava corretamente o quadril da PcDM. No entanto, após a prova, reavaliou as dimensões de altura e de profundidade do encosto previamente solicitados, pois o centro de massa da PcDM não estava corretamente alinhado com a roda o que causaria instabilidade.

Essa instabilidade foi confirmada pela PcDM que relatou que se sentia instável enquanto dava as voltas requisitadas. Ademais, a altura do assento fazia com que os pés da PcDM não se apoiassem adequadamente nos apoios de pés da cadeira de rodas que são fixos. Sobre o formato do assento a PcDM relatou que se sentiu “poderosa” e confortável. Segundo a ETO essa sensação de “poder” advém de dois fatores, do primeiro pois estava corretamente posicionada e segundo pois a elevação do assento permitia com que ela não estivesse limitada lateralmente pelas rodas da cadeira. O assento rígido foi de agrado tanto da PcDM quanto da ETO tanto pela sua leveza quanto por garantir a posição adequada.

FIGURA 121 - PROVA DO PROTÓTIPO DO ASSENTO ADAPTADO



FONTE: A autora (2022).

Após essa prova, a avaliação formal do protótipo, foi realizada com a próxima atividade que é o preenchimento da QUEST tanto pela ETO quanto pela PcDM, as notas para o assento foram de 4,5 pela PcDM e 4,2 pela ETO de um total de 5 pontos possíveis. As respostas obtidas podem ser visualizadas no Quadro 34.

QUADRO 34 - AVALIAÇÃO QUEST DO PROTÓTIPO DO ASSENTO

Grau de satisfação com:	Resposta PcDM	Comentário	Resposta ETO	Comentário
RECURSO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA				
1. Dimensões	4. Bastante satisfeito	O assento está pouco profundo.	3. Mais ou menos satisfeito	A altura do assento está grande demais e deveria ter mais profundidade.
2. Peso	5. Totalmente satisfeito		5. Totalmente satisfeito	
3. Facilidade de ajustar	Não se aplica		Não se aplica	
4. Estabilidade e segurança	3. Mais ou menos satisfeito	Sensação de instabilidade quando em deslocamento.	3. Mais ou menos satisfeito	A pouca profundidade do assento causa instabilidade.
5. Durabilidade	Não se aplica		Não se aplica	
6. Facilidade de uso	5. Totalmente satisfeito		5. Totalmente satisfeito	
7. Conforto	5. Totalmente satisfeito		Não se aplica	
8. Eficácia	4. Bastante satisfeito	Me sinto "poderosa".	5. Totalmente satisfeito	A readequação está correta.
SERVIÇOS				
9. Processo de entrega (procedimentos, tempo de espera)	5. Totalmente satisfeito		5. Totalmente satisfeito	
10. Reparos e assistência técnica	Não se aplica		Não se aplica	
11. Qualidade dos serviços profissionais	5. Totalmente satisfeito		5. Totalmente satisfeito	
12. Serviços de acompanhamento	5. Totalmente satisfeito		5. Totalmente satisfeito	

FONTE: A Autora (2022).

Nos serviços a avaliação da PcDM se refere ao serviço prestado pela ETO, e para a ETO se refere aos serviços de desenvolvimento do produto prestado pelo E3D. Dessa avaliação foram geradas as recomendações de aumento da profundidade e redução da altura do assento, cada um em 2 centímetros para o produto final. Na mesma data foi realizada a última atividade que é a avaliação do processo respondendo ao questionário, Quadro 35. Nas respostas do questionário de avaliação todas as respostas de adequaram aos parâmetros indicados.

QUADRO 35 - AVALIAÇÃO DA PROTOTIPAGEM DO SISTEMA

	Questões	Respostas
Capacidade de participação	O participante consegue ser escaneado?	Sim
	A alteração feita para o participante conseguir ser escaneado estava prevista pelo sistema?	Não se aplica
	O motivo pelo qual o participante não conseguiu ser escaneado estava previsto?	Não se aplica
	O participante conseguiu atingir as posições requeridas?	Sim
	As posições foram suficientes para a necessidade da coleta?	Sim
	Se não foi possível atingir as posições padronizadas, a posição alternativa digitalizada foi possível de ser utilizada?	Não se aplica
	O participante estava confortável?	Sim
	Houve desistência durante o escaneamento?	Não
Êxito do escaneamento	Houve confusão no momento de digitalização, por parte dos operadores ou participantes?	Não
	O escaneamento gerou malha 3D?	Sim
	Foram gerados erros na malha? Quais?	Sim, costura, aberturas e objetos estranhos.
	Os erros gerados na malha puderam ser consertados?	Sim
	Houve necessidade de refazer o escaneamento?	Não
	A nova malha gerada está adequada para uso?	Sim
Utilização da malha	A malha gerada pôde ser utilizada para obtenção de medidas?	Sim
	A malha pode ser usada para desenvolvimento do produto?	Sim
	Foi possível gerar um resultado tangível para entrega ao participante/avaliação do profissional da saúde?	Sim
	A malha pode ser arquivada?	Sim
	A malha pode ser reutilizada?	Sim

FONTE: A autora (2022).

Assim é concluída a aplicação do sistema. O relatório preenchido com a prototipagem pode ser encontrado no Apêndice D. Com os resultados dessa aplicação obteve-se uma conclusão positiva para o processo que resulta em uma resposta positiva para o problema de pesquisa que buscava viabilizar a realização da antropometria digital de pessoas com deficiência motora voltada para o desenvolvimento de produtos adaptados. A solução desenvolvida pôde ser utilizada com sucesso demonstrando sua aplicabilidade.

8 DISCUSSÃO E GENERALIZAÇÃO DOS RESULTADOS PARA A CLASSE DE PROBLEMAS

Neste capítulo é feita a generalização e a discussão dos resultados e aprendizados obtidos com o desenvolvimento da solução de resposta para a pergunta da pesquisa, frente à classe de problemas da qual faz parte. A generalização é a última etapa da última fase do método DSR. A classe de problemas se preocupa com a “Antropometria digital de pessoas com deficiência motora” (SCHWARZ-MÜLLER; MARSHALL; SUMMERSKILL, 2018; CRYTZER et al., 2016; GILL; HAYES; PARKER, 2016; MOLENBROEK; MANTAS; BRUIN, 2011; STEINFELD; LENKER; PAQUET, 2002). Para ela apontaram-se quatro problemas que a permeiam e para os quais podem-se gerar contribuições a partir dos resultados obtidos nesta pesquisa.

O primeiro deles é a criação de normas que contemplam o público. Para esse caso pôde-se perceber que as normas atuais não consideram o público e que são dificilmente adaptadas para ele visto que precisa de concessões e alterações para que possa participar (SIMS et al., 2012; MOLENBROEK; MANTAS; BRUIN, 2011). Deste modo, a principal recomendação para as normas é a criação de uma nova norma ou adendo que ativamente abranja e considere as necessidades de públicos diversos.

Além disso, essas normas vigentes são a base da realização de estudos antropométricos, o que dificulta a realização de grandes estudos com esse público, que é o segundo problema identificado na classe. Visto que ainda inexiste uma norma para esse contexto, nesta tese atentou-se para a criação de uma solução que possibilitasse a realização desse tipo de estudo em larga escala. A solução é baseada nos elementos da norma que podem ser transpostos, como a noção de padronização de posições, seleção do escâner apropriado e a marcação e registro dos pontos anatômicos (ISO 20685-1, 2018) e nas necessidades particulares do público.

Considerando os aprendizados adquiridos com a geração da solução, as principais alterações para a norma sugerida são o registro contextual, além do global dos indivíduos, que contenha, por exemplo, suas características físicas e funcionais e produtos de TA que fazem uso, a normatização da possibilidade de adoção de outras posições melhor adequadas às realidades do público e a determinação de coleta de mais informações dimensionais como coleta dos dois lados do corpo, por exemplo.

O sistema, tanto a plataforma digital quanto o dispositivo, desenvolvido pode ser reproduzido e utilizado, e permite a realização de estudos em larga escala com processos padronizados. Mesmo que não se adequem completamente na norma existente, como foi comentado na fundamentação teórica, nos grandes estudos antropométricos o que parece relevante é que tenham uma padronização interna que permita a comparação dos dados coletados e que haja uma aplicação direta para situações reais de seu uso (SCATAGLINI; PAUL, 2019; MEDINA-INOJOSA et al., 2016; LEE et al., 2015; SIMS et al., 2012; HOBSON; MOLENBROEK, 1990). Por esse motivo, a solução do dispositivo prioriza a posição sentada, para facilitar a aplicação direta no desenvolvimento de produtos para esse público que é, na maior parte, usuário de cadeira de rodas e precisa de produtos adaptados para a postura sentada.

A solução da tese tenta ser ampla o suficiente para que possa ser utilizada por diversos grupos de usuários, envolvendo principalmente a ideia de viabilização da antropometria digital para este público, o terceiro problema identificado. Pois, mesmo sem normas inclusivas, se a realização da digitalização é difícil ou inviável, não basta apenas criar uma norma, e sim, é preciso criar um sistema que viabilize a realização da digitalização. Dentro do contexto da viabilização, atentaram-se para duas questões, a viabilização do escaneamento e a viabilização do processo de coleta considerando o público. Ainda, acerca do problema e de sua materialização, preocupou-se em abarcar soluções que incorporassem as duas vertentes da aplicação da antropometria, nomeadamente a de realização de estudos populacionais e a de desenvolvimento de produtos individuais adaptados (IIDA, 2005).

A viabilização do escaneamento do corpo inteiro de um público que não pode se posicionar sem suporte foi uma das primeiras questões ponderadas, visto que as soluções existentes se baseavam em três abordagens que não são ideais. Essas abordagens são: a digitalização apenas de partes do corpo e/ou de geometrias negativas (coleta indireta) (BARRIOS-MURIEL et al., 2020; HIEMSTRA-VAN MASTRIGT et al., 2019; SHAH; LUXIMON, 2019); a digitalização do corpo inteiro com configurações experimentais que geram grande quantidade de informações faltantes (SCHWARZ-MÜLLER et al., 2021; RUDOLF et al., 2017; 2015; KOZAR et al., 2014); e a geração de modelos humanos digitais a partir de medidas básicas para bonecos paramétricos (D'SOUZA et al., 2010; STEINFELD et al., 2010a; D'SOUZA; FEATHERS; PAQUET, 2007; BRADTMILLER; ANNIS, 1997), que apesar do potencial ainda é superficial dada a diferença considerável entre as proporções e variações

dimensionais encontradas neste público (KAKLANIS; STAVROPOULOS; TZOVARAS, 2015; SIMS et al., 2012; BARROS, 2007; BRADTMILLER, 2000).

Sendo assim, buscou-se uma solução que permitisse a coleta de corpo inteiro sem a necessidade de reconstrução de grandes partes do corpo e que essa mesma solução pudesse ser utilizada por grupos mais diversos da população. O resultado foi o design de um dispositivo ortoposicionador que tem uma funcionalidade diferenciada, que permite a adoção de diversas posições padronizadas, que considera as necessidades e capacidades tanto do público, quanto do uso do produto para transferência e para o escaneamento. Esse resultado é uma solução para as dificuldades advindas do uso da presente tecnologia de escaneamento. Esses variam para cada nova tecnologia e, em cada uma, diferentes soluções podem ser identificadas. O que é generalizável para a classe de problemas é a identificação das situações vantajosas e deficitárias das tecnologias e aplicação dessas para a geração de soluções que possam ser utilizadas com esse público.

A outra viabilização que foi considerada foi a da padronização do processo que englobasse os componentes necessários para a realização das atividades associadas com a antropometria digital desse público. Isso se fez necessário pela lacuna na disponibilização de informações e de ferramentas padronizadas para a realização dessas atividades (SHCHERBINA et al., 2021; RUDOLF et al., 2017; PETRAK; NAGLIC, 2017; GILL; HAYES; PARKER, 2016; D'SOUZA; FEATHERS; PAQUET, 2007). Assim, as principais contribuições geradas para a viabilização da padronização do processo que são generalizáveis para a classe de problemas são o protocolo que sistematiza e ordena as atividades, a plataforma digital que permite o seu registro sequencial e as ferramentas que apoiam a realização dessas atividades. No total são disponibilizadas dez ferramentas que foram criadas, adaptadas e/ou agregadas, as quais se sugere a utilização, ou de outras similares, desde que devidamente detalhadas e descritas prezando pela repetibilidade dos estudos.

Dentre essas, algumas são agregações de conhecimentos da literatura. Como o termo de consentimento que é indispensável na realização de pesquisa com seres humanos. Checklists de preparação do ambiente e da PcDM que contém os itens que devem estar presentes no momento do escaneamento, e são uma compilação da fundamentação e dos experimentos realizados para a geração da solução deste trabalho. E os guias básicos de correção da malha e de desenvolvimento de produto, que são a descrição dos passos para a realização dessas atividades. Essas

ferramentas são mais variáveis, pois podem ser alteradas de acordo com o estudo e com os softwares utilizados. A contribuição gerada por essas é a sua integração em um único local acessível e sua apresentação na ordem de utilização.

Outras, foram criadas ou adaptadas para o aprofundamento em uma questão específica na realização da atividade. Uma dessas é a da classificação da PcDM que usa como base a CIF (OMS, 2013). Essa foi necessária tanto para permitir o registro contextual do participante quanto para desenvolver recomendações para as situações particulares da participação da pessoa com deficiência no uso do sistema. A outra é o Guia do dispositivo, que é necessário dado a sua novidade.

Na sequência também se percebeu a necessidade da criação de pontos de controle com ferramentas de avaliação dos resultados obtidos. Para isso foram propostas três ferramentas de avaliação: a de avaliação da malha, a de avaliação do dispositivo e a de avaliação do processo. A ferramenta de avaliação da qualidade da malha teve que ser desenvolvida visto que não havia ferramenta que cumprisse tal papel, e muitas vezes essa etapa era ignorada ou apenas era comentada sobre a “análise visual” como em Silver e Wilson (2020).

A outra ferramenta de avaliação é a do produto desenvolvido, pois como envolve participantes possivelmente não acostumados com esse processo, poderia fazer com que informações importantes que não fossem avaliadas. Para isso optou-se, sob recomendação dos especialistas, pela utilização da ferramenta QUEST (DEMERS; WEISS-LAMBROU; SKA, 2000), já utilizada para esse fim. Também se criou um espaço de avaliação que pode ser utilizado tanto pelo usuário quanto pelo clínico, o que permite uma avaliação holística da satisfação do produto.

A última ferramenta é a de avaliação do sistema. Visto que ele pode ser usado em diversas circunstâncias, entendeu-se que seria importante um espaço de avaliação para que pudesse ser continuamente aprimorado. A disponibilização de momentos de avaliação é uma outra característica que pode ser generalizada para a classe. Ou seja, permitir ajustes às soluções de acordo com o andamento das atividades e não apenas no final, quando não seria mais possível fazer alterações.

O último problema identificado na classe foi o desenvolvimento de produtos adaptados com a antropometria digital. Para esse problema a principal questão não está atrelada com a capacidade de desenvolvimento desses produtos, visto que já existem diversas maneiras de se realizar essas atividades (BARRIOS-MURIEL et al., 2020; HIEMSTRA-VAN MASTRIGT et al., 2019; SHAH; LUXIMON, 2019). Para esse

caso, o que foi identificado como ponto de interesse, foi a possibilidade de aquisição de uma malha completa, com a qual mais de um produto pudesse ser desenvolvido, e da existência de uma configuração experimental que já abarcasse algumas das características importantes para o desenvolvimento de produtos, como já estar na posição de uso final do produto. Priorizou-se também a captura direta da geometria sem adicionar um passo extra de coleta indireta. Cabe ressaltar que a coleta da morfologia e sua posterior digitalização é uma solução relevante principalmente para casos em condições que impossibilitam a coleta direta, como tremores constantes, espasticidades e outras características extremas.

Finalmente, sobre a generalização dos aprendizados para a classe de problemas, podem-se resumir três quesitos que parecem ser indispensáveis para a realização da Antropometria Digital de Pessoas com Deficiência. São eles: a abrangência, a padronização e o registro. A abrangência se refere à capacidade de englobar maiores parcelas da população, e suas necessidades específicas em soluções experimentais adequadas. A padronização permite a transposição e comparação de coletas individuais para situações mais amplas. E, por fim, o registro e a documentação das atividades realizadas, garantem a repetibilidade e também o rastreamento das escolhas feitas pelos pesquisadores e que permitem a verificação da qualidade e da confiabilidade dos estudos realizados.

A solução proposta para o problema dessa pesquisa abarca esses três quesitos, com uma solução abrangente que considera o público definido, de pessoas com deficiência motora, que padroniza todo o processo de realização da antropometria digital e não só apenas do momento de escaneamento, em uma plataforma digital que também permite registro dessas informações de maneira organizada e que pode ser disponibilizada, por meio de um relatório individual.

Feita a generalização dos conhecimentos gerados com a análise da solução para o problema desta tese, cabe discutir sobre o processo de geração da solução. O design como disciplina é unicamente qualificado para o desenvolvimento de soluções para problemas tais como o proposto nesta tese, visto que se preocupa com o atendimento das necessidades dos diversos grupos de usuários que terão acesso à sua solução (LÖBACH, 2001). Neste caso, a metodologia projetual foi utilizada como base para o desenvolvimento da tese e da solução que a compõe. Essa metodologia projetual é base estruturadora do método usado, o DSR, e consiste em três fases de design iterativo, a Exploração, Proposição e Avaliação da solução.

A identificação e delimitação do problema permitiu a geração de uma solução concreta e que pôde ser efetivamente fabricada e testada. Por esse motivo que se optou por delimitar da classe de problemas, um que permeava os demais, mas que podia ser concretamente solucionado e que podia, mesmo apartado dos demais, gerar oportunidades de continuidade das pesquisas. Para isso foi gerada uma lista de requisitos. Dada a complexidade do problema, optou-se por gerar essa lista com base na literatura utilizada para o embasamento da pesquisa. A lista de requisitos permite a geração de soluções análogas para o problema identificado, para outros contextos, usando novas e diversas tecnologias, e considerando outros públicos. Em seguida, como parte intrínseca do método, a partir dela gerou-se a solução aplicada.

O desenvolvimento criativo da solução se deu em partes. Nessa geração foi criado um sistema minimamente viável que pudesse ser consecutivamente avaliado e aprimorado. Esse processo de design iterativo permitiu que os aprimoramentos da solução tenham uma base técnica e que seja visível a motivação das alterações realizadas. Utilizaram-se também avaliações técnicas do dispositivo de modo que fosse funcional e que pudesse ser fabricado. Para as avaliações qualitativas apoiou-se na experiência de especialistas que utilizaram seus conhecimentos para aprimorar o sistema de modo que pudesse ser incorporado em suas atividades práticas.

Por fim, e com a fabricação do sistema, foi possível aplicá-lo via prototipagem. Nesta, pôde ser verificada a sua funcionalidade e aplicabilidade junto às pessoas com deficiência motora e aos especialistas para os quais a solução foi projetada. Ainda, os desfechos resultantes da sua aplicação, nomeadamente as medidas antropométricas tradicionais associadas com informações referentes à funcionalidade e fisicalidade dos participantes, modelos humanos digitais que consideram a sua morfologia completa e a possibilidade de geração de múltiplos produtos adaptados, indicam que o sistema efetivamente cumpre com o que se propôs.

Acredita-se então que essa solução pode ser utilizada para a realização de antropometria digital de pessoas com deficiência motora. Incluindo esse público no contexto de participação na antropometria digital que os beneficia a partir do desenvolvimento de produtos customizados de TA e também com a possibilidade de realização de estudos antropométricos mais inclusivos com dados populacionais mais realistas e como consequência produtos melhores adaptados para todos.

9 CONCLUSÃO

Este trabalho parte da premissa de que o desenvolvimento de produtos bem adaptados para as pessoas é imprescindível para a sua qualidade de vida e de que para isso é necessário que sejam dimensionalmente adequados a elas. Isso é ainda mais relevante ao considerar o desenvolvimento de produtos de tecnologia assistiva para pessoas com deficiência que dependem desses produtos tanto para sua saúde quanto bem-estar. O seu desenvolvimento é amparado por estudos antropométricos que auxiliam na determinação das dimensões desses produtos.

Uma tecnologia que contribui para o desenvolvimento de produtos adaptados é a digitalização 3D utilizada para a antropometria digital que é o método corrente mais utilizado pois possui benefícios frente ao tradicional como a coleta mais rápida, precisa e completa das morfologias dos participantes. Para o público tratado, existem incompatibilidades entre as necessidades da tecnologia e as suas capacidades, como a dificuldade de manter-se nas posições especificadas pelo tempo determinado. A presença dessas incompatibilidades desencoraja a realização de estudos, gerando pesquisas com poucos participantes, muito específicas, com a digitalização de apenas uma parte do corpo, por exemplo, ou individualizadas. Como consequência, geram-se produtos caros e de produção demorada que não atendem toda a população.

Então, para esta pesquisa objetivou-se contornar essas incompatibilidades de maneira a gerar uma solução que viabilizasse a realização da antropometria digital de pessoas com deficiência motora. Desse modo foi colocada a pergunta de como pode ser feita a coleta de antropometria digital do corpo inteiro de pessoas com deficiência motora com o objetivo de desenvolvimento produtos adaptados para suas morfologias corporais. Tendo como objetivo geral, desenvolver uma solução padronizada para a coleta de antropometria digital do corpo inteiro de pessoas com deficiência motora, especialmente usuárias de cadeira de rodas, que possibilite o desenvolvimento de produtos adaptados, o qual foi cumprido e é apresentado ao longo do trabalho.

Para sua resolução, propuseram-se objetivos específicos que foram atingidos ao longo do trabalho. O primeiro deles foi verificar as soluções existentes para a coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora. Esse objetivo é cumprido com a realização da revisão bibliográfica que identificou a inexistência de soluções para os parâmetros identificados –realização de antropometria digital estática de pessoas com deficiência motora de corpo inteiro na posição sentada para obtenção

de toda a morfologia corporal—. No entanto, foram encontradas soluções análogas que foram discutidas tanto no panorama dos estudos sobre o tema, Capítulo 1.5, quanto no Capítulo 2.1.5 onde foram discutidos dispositivos de posicionamento e no Capítulo 2.2.1 onde tratou-se sobre protocolos para a coleta de antropometria do público.

O segundo objetivo específico foi o de identificar as variáveis e requisitos para um sistema de coleta de dados de antropometria digital de pessoas com deficiência motora. Com isso, identificaram-se as lacunas a serem exploradas pela solução que são a determinação dos procedimentos de coleta, a necessidade de padronização das posições utilizadas para a obtenção das medidas e digitalização, a dificuldade de posicionamento do público, a viabilização da digitalização, a necessidade de visualização de todo o sujeito e do registro contextual do participante. Na satisfação desse objetivo também está a listagem das compatibilidades e incompatibilidades entre a antropometria tradicional, a digital e o público e o Capítulo 2 de Fundamentação teórica que embasa a geração de uma solução para o problema.

A partir desses dois primeiros objetivos específicos foi possível identificar a necessidade da geração de uma solução para o problema que tivesse duas partes: uma parte intangível de planejamento e organização do processo de coleta e aplicação da antropometria digital e uma parte tangível com um dispositivo de que permitisse o suporte e posicionamento dos participantes no momento da digitalização. O processo de geração dessa solução foi organizado segundo o método *Design Science Research*, dividido em três fases, Exploração, Proposição e Avaliação com as quais foi gerada uma solução concreta e aplicável ao contexto identificado.

Na sequência havia o objetivo de definir as condições de funcionamento de tecnologias de digitalização tridimensional e características que possam ser utilizadas para a coleta dimensional e morfológica de pessoas com deficiência motora. Para isso foram realizados experimentos que constituíram o Capítulo 4 do trabalho. Esses experimentos foram necessários visto que o método utilizado para a realização da tese prevê a geração de uma solução viável que possa ser testada e avaliada. Neles foi feita uma descoberta que propiciou a realização do componente tangível da solução que é a possibilidade de digitalização de objetos através de materiais transparentes, vidro e acrílico, usando o escaneamento via infravermelho, fato antes desconhecido. A partir dessas descobertas geraram-se recomendações que foram usadas para o desenvolvimento da solução para o problema.

Usando os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos, foram determinados requisitos para o desenvolvimento da solução. Foram gerados três conjuntos de requisitos. Estes são os requisitos de desenvolvimento do artefato e os requisitos dos usuários, tanto para o artefato tangível quanto para o intangível, e o terceiro são requisitos para a avaliação do processo. O atendimento dos requisitos foi traçado ao longo dos capítulos posteriores de desenvolvimento, avaliação e melhoramento da solução. Todos os requisitos foram atendidos, no entanto, principalmente aqueles relacionados com a satisfação dos usuários e a eficácia e eficiência do sistema podem variar com a utilização, por isso sugere-se que a solução seja submetida a testes de usabilidade em trabalhos futuros para a afirmação do cumprimento desses requisitos.

No Capítulo 5 foi cumprido o objetivo de apresentar solução para a coleta de antropometria digital que possa ser utilizada com pessoas com deficiência motora. A solução desenvolvida consistiu em um sistema composto por um protocolo que organiza o processo e em um dispositivo de posicionamento. A solução utiliza como base teórica os conhecimentos previamente agregados, os requisitos determinados e as lacunas identificadas na revisão sistemática. Esse capítulo além de apresentar a primeira versão da solução também apresenta o seu processo de desenvolvimento com a indicação das considerações feitas para a obtenção dessa primeira versão.

A solução desenvolvida considera que o público tem necessidades específicas na utilização do sistema e que este precisa ser customizado para suas necessidades. Assim, organizam-se as atividades de modo que possam ser usadas em diversos tipos de estudos e não apenas em uma situação experimental específica. Isso é verdadeiro tanto para o dispositivo quanto para o protocolo. O protocolo organiza a realização da antropometria digital e também gera recomendações de utilização do dispositivo que é então utilizado para os escaneamentos conforme o recomendado.

A primeira versão da solução pode ser considerada uma “mínima solução viável”. Para que fosse aprimorada, ela foi continuamente avaliada e modificada, com base nas experiências de especialistas que irão fazer o uso do sistema, bem como a realização de testes virtuais e físicos. Essas avaliações são feitas no Capítulo 6 que cumpre com o objetivo de avaliar a solução desenvolvida para a coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora junto ao público de interesse. Esse desenvolvimento iterativo permitiu a identificação de mais problemas, mais rápido e por final gerou uma solução melhor adaptada às necessidades dos usuários.

Dentre as alterações feitas e que culminaram no sistema ADap, apresentado no Capítulo 7, estão o desenvolvimento de uma plataforma digital de aplicação do protocolo que permite a realização e registro das atividades, a semiautomatização de algumas atividades e também o aprimoramento e a fabricação do dispositivo. Como confirmação da viabilidade e funcionalidade do sistema foi possível fazer a sua aplicação, via prototipagem apresentada no Capítulo 7.1, para a realização de antropometria digital e desenvolvimento de produto adaptado para uma PcDM.

Por fim, cumprindo com o requerimento do método, generalizou-se o resultado obtido para a classe do problema da pesquisa. Essa generalização é feita no Capítulo 8 e são geradas recomendações que permeiam todos os problemas da classe que são a necessidade de abranger um público maior e mais diversificado e a criação de normas e sistemas mais flexíveis. Ainda, sobre a antropometria digital, sugerem-se protocolos mais padronizados e que incluem todas as etapas de desenvolvimento e não apenas o momento de escaneamento e também uma transparência maior nos procedimentos que envolvem o registro e a disponibilização das informações e decisões tomadas nos momentos de realização da antropometria digital.

Com essas reflexões é possível identificar que tanto o objetivo geral quanto os objetivos específicos foram cumpridos e também a pergunta de como pode ser feita a antropometria digital de pessoas com deficiência motora foi respondida. Essa pode ser realizada ao se desenvolverem sistemas que considerem a sua utilização por parte dos públicos de interesse como os beneficiários finais e os pesquisadores que realizarão os estudos, tal como no sistema ADap desenvolvido nesta tese.

Enfatiza-se que essa pesquisa oferece várias contribuições originais para o avanço da ciência. Foi desenvolvido um sistema novo e funcional que preenche uma lacuna presente e considera uma população desacolhida nesse sentido. O dispositivo ortoposicionador que compõe o sistema é inovador e não existem similares no mercado ou em pesquisas, o seu registro de patente foi depositado sob número BR1020220067007. Alguns outros elementos da solução também são originais como por exemplo a ferramenta de avaliação da malha que contribui não só para os problemas destacados como também para problemas mais amplos associados com a padronização e divulgação dos resultados obtidos com o escaneamento 3D. Ademais, apesar de a plataforma digital não possuir todas as ferramentas autorais, se baseia em conhecimentos científicos, e apresenta de forma inovadora a sua agregação em um único espaço, o que contribui para a eficiência da realização dos estudos.

Para mais, esta pesquisa foi e continua sendo divulgada por meio de publicação de suas contribuições parciais e finais sejam elas teóricas ou práticas em revistas científicas de acesso aberto e em congressos (SIERRA; OKIMOTO, 2021a; 2021b; SIERRA et al., 2020; SIERRA, OKIMOTO, BECCARI, 2019; SIERRA; OKIMOTO; HEEMAN, 2019) tendo encontrado recepção positiva para os problemas resolvidos.

Finalmente, acredita-se que as contribuições geradas são alicerces para a constituição de um ambiente propício para a realização de pesquisas na área de antropometria digital de pessoas com deficiência motora e de design de produtos de tecnologia assistiva, tão indispensáveis para essas populações desassistidas.

9.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A solução proposta é uma possível solução, desenvolvida como um meio de avaliação da possibilidade de resposta da pergunta de pesquisa. Outras soluções podem se adequar aos contextos e recursos disponíveis a outros pesquisadores.

Sobre a realização do estudo e participação de especialistas e pessoas com deficiência motora, o estudo se limitou a utilizar sua participação para aprimorar e verificar a viabilidade do sistema, não se trata de validação estatística que pode ser extrapolada para a população geral. Sendo assim, testou-se o sistema junto a populações recrutadas por meio de convites personalizados por conveniência. Nesse sentido, a solução é viável dentro do contexto testado e os resultados não podem ser extrapolados. A viabilidade de sua utilização deve ser analisada caso a caso.

Em relação ao dispositivo, suas dimensões são limitadas ao atendimento de pessoas adultas e com dimensões máximas de 1,80 m e 100 kg e suas proporções são baseadas em tabelas de medidas de pessoas sem deficiência. Por esse motivo, o dispositivo pode não ser adequado para utilização com públicos com grandes variações proporcionais, crianças e pessoas acima das dimensões especificadas. Além disso, o sistema foi planejado e testado com tecnologias de baixo custo com escaneamento por infravermelho. Assim, uma outra limitação é que não foi verificada a utilização do sistema com diferentes tecnologias de escaneamento.

Por fim, esta pesquisa foi realizada entre março de 2018 e abril de 2022 (fundamentação teórica atualizada até dezembro de 2021), com as tecnologias e estudos presentes e disponíveis neste período de tempo.

9.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Finalmente podem-se fazer algumas recomendações para a continuidade da pesquisa. As sugestões são divididas em três grupos, a primeira é relacionada com o uso do sistema, a segunda com o aprimoramento dos componentes do sistema e o terceiro com a associação do sistema com serviços de design de produto de TA.

A primeira sugestão relacionada com o uso do sistema é a realização do teste de usabilidade para validação do sistema. O segundo é o efetivo uso do sistema para desenvolvimento de produtos adaptados. O terceiro é a realização de estudos antropométricos populacionais usando como base o sistema desenvolvido. E o quarto é a utilização do sistema junto a outros públicos e situações que podem se beneficiar da coleta de geometrias da pessoa sentada como na área de desenvolvimento veicular. Essas sugestões dão continuidade direta ao trabalho apresentado.

O segundo conjunto de sugestões é relacionado com o aprimoramento dos componentes do sistema. Em relação à plataforma digital sugere-se que seja feito um aprimoramento da automatização ou até mesmo desenvolvimento de um software. Sobre a plataforma digital, se sugere o desenvolvimento e a integração de ferramentas proprietárias automatizadas principalmente na área de correção da malha e medição. Sobre o aprimoramento do dispositivo ortoposicionador sugere-se uma revisão das dimensões, parametrização de acordo com outras populações e a realização de alterações funcionais a partir de testes de usabilidade. Sugere-se também a alteração do material dos pés para um transparente, o que diminuiria ainda mais a necessidade de reconstrução da malha. Para este produto também se sugere que sejam realizados estudos com outras tecnologias de digitalização além da infravermelha.

O último grupo de sugestões é relacionado com a associação do sistema com serviços de design de produtos adaptados de TA. Sugere-se o estabelecimento de um serviço de desenvolvimento de produtos adaptados com o sistema. Ou, o estabelecimento de um serviço de treinamento de utilização do sistema para que seja instalado em consultórios, clínicas e outros espaços os quais estão aptos a identificar a necessidade de um produto adaptado de tecnologia assistiva. A última sugestão é a criação de uma base de dados com os resultados obtidos com a utilização do sistema que possa ser amplamente acessível, possivelmente associada com o sistema digital, de modo que os dados sejam automaticamente integrados.

REFERÊNCIAS

- 3DSYSTEMS. **Geomagic**. Disponível em: www.3dsystems.com/software/geomagic-wrap. Acesso em: 06 jan. 2022.
- ADOLPHY, Sebastian; GROSSER, Hendrik; KIRSCH, Lucas; STARK, Rainer. Method for automated structuring of product data and its applications. **Procedia CIRP**, Amsterdã, v. 38, n. 1, p. 153-158, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.07.063>. Acesso em: 11 jan. 2022.
- ALBERT, William; TULLIS, Tom. **Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics**. 2, ed. Burlington: Morgan Kaufmann Publishers, 2013.
- ALEMANY, Sandra; URIEL, Jordi; BALLESTER, Alfredo; PARRILLA, Eduardo. Three-dimensional body shape modeling and posturography. In: SCATAGLINI, Sofia; PAUL, Gunther (Ed.). **DHM and Posturography**. Cambridge: Academic Press, 2019. p. 441-457. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/C2018-0-00529-0>. Acesso em: 06 jan. 2022.
- ANDREWS, Edward T.; ASHTON, James J.; PEARSON, Freya; BEATTIE, R. Mark; JOHNSON, Mark J. Handheld 3D scanning as a minimally invasive measuring technique for neonatal anthropometry. **Clinical Nutrition ESPEN**, Amsterdã, v. 33, n. 2019, p. 279–282, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2019.06.012>. Acesso em: 11 jan. 2022.
- ARANZ MEDICAL. **FastScan**. Disponível em: www.aranzmedical.com/fastscan. Acesso em: 31 out. 2019.
- ARAÚJO, Fernanda S. **Avaliação da experiência do usuário: uma proposta de sistematização para o processo de desenvolvimento de produtos**. 2014. 238 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/129572>. Acesso em: 11 jan. 2020.
- AUTODESK. **3D Studio Max**. Disponível em: www.autodesk.com.br/products/3ds-max. Acesso em: 31 out. 2019.
- AUTODESK. **Maya 2018**. Disponível em: www.autodesk.com.br/products/maya. Acesso em: 06 jan. 2020a.
- AUTODESK. **Meshmixer 3.5**. Disponível em: www.meshmixer.com/. Acesso em: 06 jan. 2020b.
- BALASUBRAMANIAN, Mahendran; ROBINETTE, Kathleen. Longitudinal anthropometric changes of pregnant women: dynamics and prediction. **International Journal of Fashion Design, Technology and Education**, Reino Unido, v. 13, n. 3, p. 231–237, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17543266.2020.1775898>. Acesso em: 12 jan. 2022.
- BALLESTER, Alfredo; PARRILLA, Eduardo; URIEL, Jordi; PIEROLA, Ana; ALEMANY, Sandra; NACHER, Beatriz; GONZÁLEZ, Jorge; GONZÁLEZ, Juan C. 3D-based resources fostering the analysis, use, and exploitation of available body anthropometric data. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D BODY SCANNING TECHNOLOGIES, 5., 2014, Lugano. **Anais eletrônicos...** Lugano: 3D body.tech, 2014. p. 237-247. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15221/14.237>. Acesso em: 12 jan. 2022.

BARBIERI, Bruno. R. L.; SEGALLA, Vinicius; CATAPAN, Márcio; OKIMOTO, Maria. Lúcia L. R.; SIERRA, Isabella de S. Proposta de otimização de escaneamento 3D a laser: estudo de cores da superfície. In: Henrique Ajuz Holzmann; João Dallamuta. (Org.). **Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica**. Atena Editora, 2019, p. 80-. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/arquivos/ebooks/impactos-das-tecnologias-na-engenharia-mecanica>. Acesso em: 12 jan. 2022.

BARBOSA, Mateus C.; OURA, Flávio S. K.; ROCHA, Bruno; SIERRA, Isabella de S. CATAPAN, Márcio F.; OKIMOTO, Maria Lúcia L. R. Digitalização 3D para a engenharia de produto. In: SEMANA DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E MECÂNICA SULAMERICANA, 19., 2019, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: UFPR, 2019. p. 252-262. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1_RzSTr0v75GfvP5Nw4Q1JiwzKDoN8NEN/view. Acesso em: 12 jan. 2022.

BARBOZA, Rochelne; CARVALHO, Miguel; FERREIRA, Fernando; XU, Bugao. Main characteristics and anthropometrics of people with down syndrome – Impact in garment design. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, Berlim, v. 587, p. 417-427, n. 2016, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-60597-5_40. Acesso em: 13 jan. 2022.

BARKS, Lelia; GARVAN, Cynthia; CRANE, Barbara; PETERSON, Matthew; BROWN, Lisa M; POWELL-COPE, Gail. Reliability and Criterion-Related Validity of the Seated Posture Scale. **Rehabilitation Nursing Journal**, Chicago, v. 44, n. 4, p. 213-220, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1097/RNJ.0000000000000119>. Acesso em: 13 jan. 2022.

BARKS, Lelia; LUTHER, Stephen L; BROWN, Lisa M; SCHULZ, Brian; BOWEN, Mary Elizabeth; POWELL-COPE, Gail. Development and initial validation of the Seated Posture Scale. **Journal of Rehabilitation Research and Development**, Washington, v. 52, n. 2, p. 201-210, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1682/JRRD.2014.04.0100>. Acesso em: 13 jan. 2022.

BARRIOS-MURIEL, Jorge; ROMERO-SÁNCHEZ, Francisco; ALONSO-SÁNCHEZ, Francisco. J.; RODRIGUEZ SALGADO, David R. Advances in orthotic and prosthetic manufacturing: A technology review. **Materials**, Basel, v. 13, n. 2, p. 295-310, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/ma13020295>. Acesso em: 13 jan. 2022.

BARROS, Helda Oliveira. **Considerações da fotogrametria digital - Sistema Digital para análise antropométrica de usuários de cadeira de rodas**. 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/3388>. Acesso em: 13 jan. 2022.

BARROS, Helda Oliveira; SOARES, Marcelo M. Using digital photogrammetry to conduct an anthropometric analysis of wheelchair users. **Work**, Amsterdã, v. 41, n. 1, p. 4053-4060, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3233/WOR-2012-0070-4053>. Acesso em: 13 jan. 2022.

BASTOS, Sérgio F.; SABRÁ, Flávio G.; ROSA, Rynaldo; FELIPE, Luiz. **SizeBR – O Estudo Antropométrico Brasileiro**. 2010. Disponível em: http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/07/10/6822/SizeBR_Por.pdf. Acesso em: 05 mai. 2018.

BAXTER, Mike. **Projeto do produto**: Guia Prático para o desenvolvimento de novos produtos. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

BECCARI, Marcos Namba. Discourse and place of speech in graphic/information design: Some philosophical considerations. **Information Design Journal**, v. 24, n. 1, p. 67-79, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1075/idj.24.1.05bec>. Acesso em: 13 jan. 2022.

BECK, James M.; JACOBSON, Matthew D. 3D printing: what could happen to products liability when users (and everyone else in between) become manufacturers. **Minnesota Journal of Law, Science & Technology**, Minnesota, v. 18, n. 2017, p. 143-205, 2017. Disponível em: <https://scholarship.law.umn.edu/mjlst/vol18/iss1/3>. Acesso em: 13 jan. 2022.

BÉRARD, Carole; PAYAN, Christine; HODGKINSON, Isabelle; FERMANIAN, Jacques; The MFM Collaborative Study Group. A motor function measure scale for neuromuscular diseases. Construction and validation study. **Neuromuscular disorders**, Amsterdã, v. 15, n. 7, p. 463-470, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nmd.2005.03.004>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BÉRARD, Carole; VUILLERTO, Carole; GIRARDOT, Françoise; PAYAN, Christine; The MFM Collaborative Study Group. **Manual do Usuário MFM-32 e MFM-20**: Motor Function Measure. Tradução de: IWABE, Cristina; PFEILSTICKER, Beatriz, H. M.; DREYER, Elisabeth; NICCI, Anamarli. 3. ed. 2017. Disponível em: <https://1library.org/document/yergr60q-manual-usuario-hospital-civil-servico-reabilitacao-pediatrica-escale.html>. Acesso em: 13 jan. 2022.

BERETTA, Elisa M. **Tecnologia assistiva**: personalização em massa através do design e fabricação de assentos customizados para cadeiras de rodas. 2011. 138 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Escola de Engenharia e Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/36349>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BERGMANN, Márcia; MAGALHÃES, Cláudio. Do desenho industrial ao design social: políticas públicas para a diversidade cultural como objeto de design. **Estudos em Design**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, p. 51-64, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.35522/eed.v25i1.434>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BEZERRA, G.; CARVALHO, M. A.; ROCHA, M. A. V.; XU, B. Anthropometry for children's clothing: difficulties and limitations. WORLD TEXTILE CONFERENCE, 17., 2017, Corfu. **Anais eletrônicos...** Corfu: IOPScience, 2017. p. 1-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/254/17/172001>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BLENDER. Blender. Disponível em: <https://www.blender.org/>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BOGOVIĆ, Slavica; STJEPANOVIĆ, Zoran; CUPAR, Andrej; JEVŠNIK, Simona, ROGINA-CAR, Beti; RUDOLF, Andreja. The use of new technologies for the development of protective clothing: comparative analysis of body dimensions of static and dynamic postures and its application. **Autex Research Journal**, Lodz, v. 19, n. 4, p. 301-311, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/aut-2018-0059>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BONSIEPE, Gui. **Design, cultura e sociedade**. São Paulo: Blucher, 2011.

BOTELHO, Luise L. R.; CUNHA, Cristiano C. A.; MACEDO, Marcelo. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e sociedade**, Belo Horizonte, v. 5, n. 11,

p. 121-136, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.21171/ges.v5i11.1220>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BOUGOURD, Jennifer; TRELEAVEN, Phillio. UK National Sizing Survey - SizeUK. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D BODY SCANNING TECHNOLOGIES, 2., 2014, Lugano. **Anais eletrônicos...** Lugano: 3D body.tech, 2010. p. 327-337. Disponível em: https://www.3dbody.tech/cap/papers/2010/10327_32bougourd.pdf. Acesso em: 15 jan. 2022.

BOURGEOIS, B.; NG, B. K.; LATIMER, DS.; STANNARD, C. R.; ROMEO, L.; LI, X.; SHEPHERD, J. A.; HEYMSFIELD, S. B. Clinically applicable optical imaging technology for body size and shape analysis: comparison of systems differing in design. **European journal of clinical nutrition**, Reino Unido, v. 71, n. 11, p. 1329-1335, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ejcn.2017.142>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BRADTMILLER, Bruce.; ANNIS, James. **Anthropometry for persons with disabilities: needs for the 21st century. Task 2: Analysis and Recommendations.** Relatório. Washington, 1997. Disponível em: <https://www.humanics-es.com/anthropometry-disabilities.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BRADTMILLER, Bruce. Anthropometry for persons with disabilities: needs in the twenty-first century. In: RESNA ANNUAL CONFERENCE, 19., 2000, Orlando. **Anais eletrônicos...** Orlando: RESNA, 2000. p. 543-548. Disponível em: <http://www.childergo.com/Bradtmiller2.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BRAGANÇA, Sara; AREZES, Pedro; CARVALHO, Miguel; ASHDOWN, Susan P.; CASTELLUCCI, Ignacio; LEÃO, Celina. A comparison of manual anthropometric measurements with Kinect-based scanned measurements in terms of precision and reliability. **Work**, Amsterdã, v. 59, n. 3, p. 325-339, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3233/WOR-182684>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BRAGANÇA, Sara; AREZES, Pedro; CARVALHO, Miguel; ASHDOWN, Susan P.; XU, Bugao; CASTELLUCCI, Ignacio. Validation study of a Kinect based body imaging system. **Work**, Amsterdã, v. 57, n. 1, p. 9-21, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3233/WOR-172532>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BRAGANÇA, Sara; CARVALHO, Miguel; XU, Bugao; AREZES, Pedro; ASHDOWN, Susan P. A validation study of a kinect based body imaging (KBI) device system based on ISO 20685: 2010. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D BODY SCANNING TECHNOLOGIES, 5., 2014, Lugano. **Anais eletrônicos...** Lugano: 3D body.tech, 2014. p. 372-377. Disponível em: <https://doi.org/10.15221/14.372>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BRASIL. Lei nº 13.146, 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), **Diário Oficial da União**, Brasília, 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso 16 jan. 2022.

BRAVO, G.; BRAGANCA, S.; AREZES, P. M.; MOLENBROEK, J. F. M.; CASTELLUCCI, H. I. A literature review of anthropometric studies of school students for ergonomics purposes: Are accuracy, precision and reliability being considered? **Work**, Amsterdã, v. 60, n. 1, p. 3-17, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3233/WOR-182719>. Acesso em: 16 jan. 2022.

BRENDLER, Clariana.; MÜLLER, Marcelle S.; SILVA, Fabio P.; TEIXEIRA Fábio G. Uso da digitalização 3D do corpo humano para desenvolvimento de produtos personalizados:

Análise comparativa entre os escâneres Artec EVA e o Kinect. **Estudos em Design**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 24-43, 2016. Disponível em: <https://estudosemdesign.emnuvens.com.br/design/article/view/356>. Acesso em: 16 jan. 2022.

BRENDLER, Clariana F.; TEIXEIRA, Fábio. G. T. Método para Obtenção de Medidas Antropométricas Utilizando um Digitalizador 3D de Baixo Custo 3D escâner. **Design & Tecnologia**, Rio Grande do Sul, v. 11, n. 6, p. 53-67, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.23972/det2016iss11pp53-67>. Acesso em: 16 jan. 2022.

BRENDLER, Clariana; TEIXEIRA, Fábio; PIZZATO, Gabriela; MELLO, Guilherme. Métodos de obtenção da antropometria estática e dinâmica para desenvolver produtos de Tecnologia Assistiva. In: Paschoarelli, Luis Carlos; Medola, Fausto O (Ed.). **Tecnologia Assistiva: Pesquisa e Conhecimento – II**. Bauru: Canal 6, 2018. p. 31-42 Disponível em: <https://www.canal6livraria.com.br/pd-5ed352-tecnologia-assistiva-pesquisa-e-conhecimento-ii.html?ct=&p=1&s=1>. Acesso em: 16 jan. 2022.

BROGIN, Bruna. **Método de design para cocriação de moda funcional para pessoas com deficiência**. 2019. 411 f. Tese (Doutorado em Design). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/60256>. Acesso em: 19 jan. 2022.

BROGIN, Bruna; OKIMOTO, Maria Lúcia L. R.; HEEMAN, Adriano. Protocolos para coleta de dados antropométricos com escâner 3D junto a pessoas com deficiência. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE DESIGN, ENGENHARIA E GESTÃO PARA A INOVAÇÃO, 4., 2015, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Blucher, 2015. p. 2018-2029.

BRUNSMAN, Matthew A.; DAANEN, Hein A. M.; ROBINETTE, Kathleen M. Optimal postures and positioning for human body scanning. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN 3-D DIGITAL IMAGING AND MODELING, 1997. Ottawa. **Anais eletrônicos...** Ottawa: IEEEExplore, 1997, p. 266-273. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IM.1997.603875>. Acesso em: 16 jan. 2022.

BUEHLER, Erin; COMRIE, Niara; HOFMANN, Megan; MCDONALD, Samantha; HURST, Amy. Investigating the implications of 3D printing in special education. **ACM Transactions on Accessible Computing**, Nova Iorque, v. 8, n. 3, p. 1-28, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2870640>. Acesso em: 29 jan. 2022.

BUONAMICI, Francesco; CARFAGNI, Monica; FURFERI, Rocco; GOVERNI, Lapo; LAPINI, Alessandro; VOLPE, Yary. Reverse engineering of mechanical parts: A template-based approach. **Journal of computational design and engineering**, Coreia, v. 5, n. 2, p. 145-159, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcde.2017.11.009>. Acesso em: 16 jan. 2022.

BUŠIĆ, Anita; BUŠIĆ, Josip; COLEMAN, Jhon; ŠIMENKO, Jožef. Comparison of Manual Anthropometry and a Mobile Digital Anthropometric System. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORT SCIENCES RESEARCH AND TECHNOLOGY SUPPORT, 8., Budapeste. **Anais eletrônicos...** Budapeste: icSPORTS, 2020, p. 109-115. Disponível em: <https://doi.org/10.5220/0010178201090115>. Acesso em: 16 jan. 2022.

BUSSELL, P. R.; MICHAUD, L. L. F. Seated anthropometry: The problems involved in a large-scale survey of disabled and elderly people. **Ergonomics**, Warwickshire, v. 24, n. 11, p. 831-845, 1981. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00140138108924904>. Acesso em: 16 jan. 2022.

CAPELASSI, Carla H. **Dimensionamento do corpo aplicado ao vestuário: estudo antropométrico com recurso a um Body Scanner 3D**. 2017. 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia Têxtil) - Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1822/48654>. Acesso em: 16 jan. 2022.

CARDOSO, R. **Uma introdução à história do design**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

CARRIEL, Ivan C. R. **Recomendações tecnológicas de projeto para o desenvolvimento de cadeira de rodas de propulsão manual**: uma proposta para ampliar o grau de mobilidade dos cadeirantes a partir do design. 2014. 617 f. Tese (Doutorado em Design) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.16.2014.tde-17102014-095909>. Acesso em: 16 jan. 2022.

CARVALHO, Karla Emanuelle C.; GOIS, Miburge B.; SÁ, Katia N. Tradução e validação do Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST 2.0) para o idioma português do Brasil. **Revista brasileira de reumatologia**, São Paulo, v. 54, n. 4, p. 260-267, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rbr.2014.04.003>. Acesso em: 16 jan. 2022.

CASTANEDA, Luciana; BERGMANN, Anke; BAHIA, Ligia. The International Classification of Functioning, Disability and Health: a systematic review of observational studies. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 437-451, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4503201400020012ENG>. Acesso em: 16 jan. 2022.

CHEN, Chin M. Analysis of upper physical characteristics based on angle measurements. **Textile Research Journal**, California, v. 81, n. 3, p. 301–310, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0040517510380781>. Acesso em: 16 jan. 2022.

CHIU, Chuang-Yuan; PEASE, David L.; SANDERS, Ross H. The effect of pose variability and repeated reliability of segmental centres of mass acquisition when using 3D photonic scanning. **Ergonomics**, Warwickshire, v. 59, n. 12, p. 1673-1678, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1161245>. Acesso em: 16 jan. 2022.

CHOI, Sunyoon; ASHDOWN, Susan P. 3D body scan analysis of dimensional change in lower body measurements for active body positions. **Textile Research Journal**, California, v. 81, n. 1, p. 81–93, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0040517510377822>. Acesso em: 16 jan. 2022.

CLARIVATE ANALYTICS **Web of Science Core Collection Help**. 2020. Disponível em: https://images.webofknowledge.com/images/help/WOS/hs_search_operators.html. Acesso em: 17 jan. 2022.

CLARKSON, Sean; WHEAT, Jon; HELLER, Ben; CHOPPIN, Simon. Assessment of a Microsoft Kinect-based 3D scanning system for taking body segment girth measurements: a comparison to ISAK and ISO standards. **Journal of Sports Sciences**, Londres, v. 34, n. 11, p. 1006–1014, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1085075>. Acesso em: 17 jan. 2022.

CLARKSON, Sean; WHEAT, Jon; HELLER, Ben; CHOPPIN, Simon. Assessing the Suitability of the Microsoft Kinect for Calculating Person Specific Body Segment Parameters. In: IEEE WORKSHOP ON CONSUMER DEPTH CAMERAS FOR COMPUTER VISION, 4., 2014, Zurich. **Anais eletrônicos...** Zurich: Lecture Notes in Computer Science, 2014. p. 1-15. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-16178-5_26. Acesso em: 17 jan. 2022.

CONKLE, JOEL; KEIRSEY, Kate; HUGHES, Ashton; BREIMAN, Jennifer; RAMAKRISHNAN, Usha; SUCHDEV, Parminder S.; MARTORELL, Reynaldo. A collaborative, mixed-methods evaluation of a low-cost, handheld 3D imaging system for child anthropometry. **Maternal and Child Nutrition**, Nova Jersey, v. 15, n. 2, p. 1–12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/mcn.12686>. Acesso em: 22 jan. 2022.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INOVAÇÃO E GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO, 8., 2011. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre, v. 8, p. 1-12, 2011. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2205710/mod_resource/content/1/Roteiro%20para%20revis%C3%A3o%20bibliogr%C3%A1fica%20sistem%C3%A1tica.pdf. Acesso em: 17 jan. 2022.

COOPER, Rory A.; COOPER, Rosemarie. **Trends and issues in wheeled mobility technologies**. 2003. Disponível em: [https://www.udeworld.com/spaceworkshop2003/Papers/WEB%20-%20Trends_Iss_WC%20\(Cooper\).htm](https://www.udeworld.com/spaceworkshop2003/Papers/WEB%20-%20Trends_Iss_WC%20(Cooper).htm). Acesso em: 17 jan. 2022.

COOK, Albert M.; POLGAR, Janice M. **Cook & Hussey's assistive technologies: principles and practice**. 4. ed. St. Louis: Mosby Elsevier, 2015.

COSTA, Carlos A.; GRANDI, Suzete; FERREIRA, Jussara; MATOS, Kelen; BASSO, João F.; COSTA, Felipe A. Recursos de adequação postural para usuários de cadeiras de rodas: uma visão completa do processo de fabricação. In: PASCHOARELLI, Luis Carlos; MEDOLA, Fausto O (Ed.). **Tecnologia Assistiva: Desenvolvimento e Aplicação**. Bauru: Canal 6, 2018, p. 11-18. Disponível em: <https://www.canal6livraria.com.br/pd-5ed353-tecnologia-assistiva-desenvolvimento-e-aplicacao.html>. Acesso em: 17 jan. 2022.

COSTA, Tays N.; BRENDLER, Clariana F.; TEIXEIRA, Fábio G.; SILVA, Régio P. D.; SILVA, Tania L. K. D. Uso da digitalização 3D e da parametrização de medidas antropométricas para produção de moldes personalizados para o vestuário. **Educação Gráfica**, Bauru, v. 19, n. 2, p. 122–142, 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/156812>. Acesso em: 17 jan. 2022.

CRYTZER, Teresa M.; HONG, Eun-Kyoung; DICIANNO, Brad E.; PEARLMAN, Jon; SCHMELER, Mark; COOPER, Rory A. Identifying characteristic back shapes from anatomical scans of wheelchair users to improve seating design. **Medical Engineering and Physics**, Amsterdã, v. 38, n. 9, p. 999–1007, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2016.06.017>. Acesso em: 17 jan. 2022.

CUI, Yan; STRICKER, Didier; VISION, A. 3D Body Scanning with One Kinect. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D BODY SCANNING TECHNOLOGIES, 2., 2011, Lugano. **Anais eletrônicos...** Lugano: 3D body.tech, 2011. p. 121-129. Disponível em: https://www.3dbody.tech/cap/papers/2011/11121_07cui.pdf. Acesso em: 17 jan. 2022.

D'SOUZA, Clive; FEATHERS, David; PAQUET, Victor. Constructing three-dimensional models of individuals and their wheeled mobility devices from landmark data. In: SAE DIGITAL HUMAN MODELING CONFERENCE, 2007. Seattle. **Anais eletrônicos...** Seattle: SAE, 2007. p. 1-8. Disponível em: <https://doi.org/10.4271/2007-01-2494>. Acesso em: 18 jan. 2022.

D'SOUZA, Clive; PAQUET, Victor; STEINFELD, Edward; FEATHERS, David. Anthropometric data visualization tools to improve accessibility of built environments. In:

INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS, 3., 2010. p. 1-10. Miami. **Anais eletrônicos...** Miami: AHFE, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1201/EBK1439835012-c73>. Acesso em: 18 jan. 2022.

DANCKAERS, Femke; HUYSMANS, Toon; HALLEMANS, Ann; BRUYNE, Guido de; TRUIJEN, Steven; SIJBERS, Jan. Posture normalisation of 3D body scans. **Ergonomics**, Warwickshire, v. 62, n. 6, p. 834-848, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1581262>. Acesso em: 17 jan. 2022.

DANCKAERS, Femke; HUYSMANS, Toon; SIJBERS, Jan. Adaptable digital human models from 3D body scans. In: SCATAGLINI, Sofia; PAUL, Gunther (Ed.). **DHM and Posturography**. Cambridge: Academic Press, 2019. p. 459-470. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816713-7.00033-7>. Acesso em: 17 jan. 2022.

DAS, Biman; KOZEY, John W. Structural anthropometric measurements for wheelchair mobile adults. **Applied Ergonomics**, Amsterdã, v. 30, n. 5, p. 385-390, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00010-1](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00010-1). Acesso em: 17 jan. 2022.

DASSAULT SYSTEMS. **SolidWorks**. Disponível em: <https://www.solidworks.com/pt-br>. Acesso em: 06 jan. 2020.

DEMERS, Louise; WEISS-LAMBROU, Rhoda; SKA, Bernadette. **Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology versione 2.0**. Nova Iorque: The Institute for Matching Persons and Technology, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.13072/midss.298>. Acesso em: 17 jan. 2022.

DENOEL, C.; AGUIRRE, M. F.; BIANCO, G.; MAHAUDENS, P. H.; VANWIJCK, R.; GARSON, S.; SINNA, R.; DEBRUN, A. Idiopathic scoliosis and breast asymmetry. **Journal of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery**, Amsterdã, v. 62, n. 10, p. 1303-1308, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2008.04.031>. Acesso em: 17 jan. 2022.

DESBOIS, Adrien; BEGUET, Florian; LECLERC, Yannic; GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, Aangel E.; GERVAIS, Sylvie; PERREAULT, Isabelle; GUISE, Jacques A. de. Predictive modeling for personalized three-dimensional burn injury assessments. **Journal of Burn Care & Research**, Oxford, v. 41, n. 1, p. 121-130, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jbcr/irz114>. Acesso em: 17 jan. 2022.

DESLAURIERS, Jean-Pierre; KÉRISIT, Michèle. O delineamento de pesquisa qualitativa. In: POUPART, Jean; DESLAURIERS, Jean-Pierre; GROULX, Lionel-H.; LAPERRIÈRE, Anne; MAYER, Robert; PIRES, Álvaro P.; JACCoud, Mylène; CELLARD, André; HOULE, Gilles; GIORGI, Amedeo. **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. p. 127-153.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 33402: Ergonomics - Human body dimension**. Berlim, 2005

DINGMAN, Cherie L. 3D Printed Medical Devices: Saving Lives but Do We Need More Regulation? **Law School Student Scholarship**. v. 820, 2015. Disponível em: https://scholarship.shu.edu/student_scholarship/820/. Acesso em: 17 jan. 2022.

DORST, Kees. The core of “design thinking” and its application. **Design Studies**, Amsterdã, v. 32, n. 6, p. 521-532, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.07.006>. Acesso em: 18 jan. 2022.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel P.; JÚNIOR, José A. V. A. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015.

DUMAS, Joseph S.; LORING, Beth A. **Moderating usability tests: Principles and practices for interacting**. St. Louis: Mosby Elsevier, 2008.

DUTTA, Tilak. Evaluation of the Kinect™ sensor for 3-D kinematic measurement in the workplace. **Applied Ergonomics**, Amsterdã, v. 43, n. 4, p. 645–649, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.09.011>. Acesso em: 18 jan. 2022.

ERIKSSON, Alexander; SEDELIUS, Erik; BERGLUND, Jonatan; JOHANSSON, Björn. Virtual factory layouts from 3D laser scanning – A novel framework to define solid model requirements. **Procedia CIRP**, Amsterdã, v. 76, n. 1, p. 36-41, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.01.013>. Acesso em: 18 jan. 2022.

FORSLUND, Anders; MADRID, Julia; LÖÖF, Johan; SÖDERBERG, Rikard. Robust Design of Aero Engine Structures: Transferring form Error Data When Mapping Out Design Spaces for New Turbine Components. **Procedia CIRP**, Amsterdã, v. 43, n. 2016, p. 47-51, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.02.130>. Acesso em: 18 jan. 2022.

FOURIE, Zacharias; DAMSTRA, Janalt; GERRITS, Peter O.; REN, Yijin. Evaluation of anthropometric accuracy and reliability using different three-dimensional scanning systems. **Forensic Science International**, Amsterdã, v. 207, n. 1–3, p. 127–134, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.09.018>. Acesso em: 18 jan. 2022.

FURFERI, Rocco; GOVERNI, Lapo; UCCHEDDU, Francesca; VOLPE, Yary. A RGB-D based instant body-scanning solution for compact box installation. In: EYNARD, Benoit; NIGRELLI, Vincenzo; OLIVERI, Salvatore M.; PERIS-FAJARNES, Guillermo; RIZZUTI, Sergio (Eds.). **Advances on Mechanics, Design Engineering and Manufacturing**. Cham: Springer, 2017. p. 819-828. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-45781-9_82. Acesso em: 18 jan. 2022.

GARSTHAGEN, Richard. An open source, low-cost, multi camera full-body 3D scanner. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D BODY SCANNING TECHNOLOGIES, 5., 2014. Lugano. **Anais eletrônicos....** Lugano: 3D Body.tech, 2014. p. 173-184 Disponível em: <https://doi.org/10.15221/14.174>. Acesso em: 18 jan. 2022.

GILL, Simeon; AHMED, Maryam; PARKER, Christopher J.; HAYES, Steven. Not All Body Scanning Measurements Are Valid: Perspectives from Pattern Practice. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION ON 3D BODY SCANNING AND PROCESSING TECHNOLOGIES, 8., 2017, Montreal. **Anais eletrônicos...** Canadá: 2017, p. 43-52. Disponível em: <https://doi.org/10.15221/17.043>. Acesso em: 18 jan. 2022.

GILL, Simeon; HAYES, Steven; PARKER, Christopher. J. 3D Body Scanning: Towards Shared Protocols for Data Collection-Addressing the needs of the body scanning community for ensuring comparable data collection. In: INTERNATIONAL WORKSHOP OF ADVANCED MANUFACTURING AND AUTOMATION, 6., 2016, Manchester. **Anais eletrônicos...** Manchester: Atlantis Press, 2016, p. 281-284. Disponível em: <https://doi.org/10.2991/iwama-16.2016.53>. Acesso em: 18 jan. 2022.

GISKE, Lars A. L.; BENJAMINSEN, Tommy; MORK, Ola J.; LØVDAL, Trond. Visualization Support for Design of Manufacturing Systems and Prototypes—Lessons Learned from Two

Case Studies. **Procedia CIRP**, Amsterdã, v. 81, n. 1, p. 512-517, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.139>. Acesso em: 19 jan. 2022.

GLEASON, Rudolph L.; YIGEREMU, Mahlet; DEBEBE, Tequam; TEKLU, Sisay; ZEWDENEH, Daniel; WEILER, Michael; FRANK, Nate; TOLENTINO, Lorenzo; ATTIA, Shehab; DIXON, Brandon; KWON, Catherine; POKUTTA-PASKALEVA, Anastassia; GLEASON, Katie A. A safe, low-cost, easy-to-use 3D camera platform to assess risk of obstructed labor due to cephalopelvic disproportion. **PloS one**, São Francisco, v. 13, n. 9, p. e0203865, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203865>. Acesso em: 19 jan. 2022.

GONZÁLEZ-JORGE, Higinio; RIVEIRO, B.; VAZQUEZ-FERNANDEZ, Esteban; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, Joaquin; ARIAS, Pedro. Metrological evaluation of microsoft kinect and asus xtion sensors. **Measurement**, Amsterdã, v. 46, n. 6, p. 1800-1806, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.01.011>. Acesso em: 19 jan. 2022.

GOSWAMI, Asis; GANGULI, Siddhartha; CHATTERJEE, B. B. Anthropometric characteristics of disabled and normal Indian men. **Ergonomics**, Warwickshire, v. 30, n. 5, p. 817-823, 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00140138708969770>. Acesso em: 19 jan. 2022.

GOYANES, Alvaro; DET-AMORNRAT, Usanee; WANG, Jie; BASIT, Abdul W.; GAISFORD, Simon. 3D scanning and 3D printing as innovative technologies for fabricating personalized topical drug delivery systems. **Journal of controlled release**, Amsterdã, v. 234, n. 28, p. 41-48, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2016.05.034>. Acesso em: 19 jan. 2022.

GUIDI, Gabriele; GONIZZI, Sara; MICOLI Laura. 3D capturing performances of low-cost range sensors for mass-market applications. In: INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, 23., 2016, Praga. **Anais eletrônicos...** Praga: ISPRS, 2016. p. 33-40. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B5-33-2016>. Acesso em: 19 jan. 2022.

GUSEVA, M.A.; KOSTYLEVA, V.V.; PETROSOVA, I.A.; ANDREEVA, E.G.; LITVIN, E.V.; GUSEV, I.D. Digitalization in inclusive anthropometry. **Tecnologia da Indústria Têxtil**, São Petersburgo, v. 360, n. 6, p. 154-161, 2020. Disponível em: https://tftp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2021/03/390_29.pdf. Acesso em: 19 jan. 2022.

GYI, Diane E.; SIMS, Ruth; PORTER, J. M.; MARSHALL, Russel; CASE, Keith. Representing older and disabled people in virtual user trials: data collection methods. **Applied Ergonomics**, Amsterdã, v. 35, n. 5, p. 443-451, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2004.04.002>. Acesso em: 19 jan. 2022.

HALEEM, Abid; JAVAID, Mohd; SAXENA, Anil. Additive manufacturing applications in cardiology: a review. **The Egyptian Heart Journal**, Giza, v. 70, n. 1, p. 433-441, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ehj.2018.09.008>. Acesso em: 19 jan. 2022.

HARRINGTON, H. James. **Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness**. Nova York: McGraw Hill, 1991.

HELANDER, Martin. **A guide to human factors and ergonomics**. Boca Raton: Crc Press, 2005.

HEVNER, Alan; MARCH, Salvatore T.; PARK, Jinsoo; RAM, Sudha. Design science in information systems research. **MIS quarterly**, Atlanta, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/25148625>. Acesso em: 19 jan. 2022.

HEYMSFIELD, Steven B.; BOURGEOIS, Brianna; NG, Bennet K.; SOMMER, Markus J.; LI, Xin; SHEPHERD, John. A. Digital anthropometry: a critical review. **European journal of clinical nutrition**, Reino Unido, v. 72, n. 5, p. 680-687, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0145-7>. Acesso em: 19 jan. 2022.

HIEMSTRA-VAN MASTRIGT, Suzane; SMULDERS, Maxim; BOUWENS, Joyce M. A.; VINK, Peter. Chapter 61: Designing aircraft seats to fit the human body contour. In: CATAGLINI, Sofia; PAUL, Gunther (Ed.). **DHM and Posturography**. Cambridge: Academic Press, 2019. p. 781-789. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816713-7.00061-1>. Acesso em: 19 jan. 2022.

HIRSHBERG, David A.; LOPER, Matthew; RACHLIN, Eric; TSOLI, Aggeliki; WEISS, Alexander; CORNER, Briand D.; BLACK, Michael J. Evaluating the Automated Alignment of 3D Human Body Scans. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D BODY SCANNING TECHNOLOGIES, 2., 2011, Lugano. **Anais eletrônicos...** Lugano: 3D body.tech, 2011. p. 76-86. Disponível em: <https://doi.org/10.15221/11.076>. Acesso em: 19 jan. 2022.

HOBSON, D. A.; MOLENBROEK, Johan. F. M. Anthropometry and design for the disabled: Experiences with seating design for the cerebral palsy population. **Applied Ergonomics**, Amsterdã, v. 21, n. 1, p. 43-54, 1990. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(90\)90073-7](https://doi.org/10.1016/0003-6870(90)90073-7). Acesso em: 19 jan. 2022.

HONG, Yan; BRUNIAUX, Pascal; ZENG, Xianyi; LIU, Kaixuan; CURTEZA, Antonela; CHEN, Yan. Visual-simulation-based personalized garment block design method for physically disabled people with scoliosis (PDPS). **Autex Research Journal**, Lodz, v. 18, n. 1, p. 35-45, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/aut-2017-0001>. Acesso em: 19 jan. 2022.

HOSS, Maurício. J. **Prototipagem de serviços**: um estudo exploratório com foco na iluminação de habitações de interesse social. 2014. 182 f. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/35796>. Acesso em: 19 jan. 2022.

IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]. **Censo Demográfico 2010**: Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 05 mai. 2018.

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

ISO [Organização Internacional de Normalização]. **ISO 13407**: Human-centred design processes for interactive systems. Geneva, 1999.

ISO [Organização Internacional de Normalização]. **ISO 20685**: Ergonomics - 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases. Geneva, 2010.

ISO [Organização Internacional de Normalização]. **ISO 20685-1**: Ergonomics - 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases - Part 1: Evaluation protocol for body dimensions extracted from 3-D body scans. Geneva, 2018.

ISO [Organização Internacional de Normalização]. **ISO 20685-2**: Ergonomics — 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases — Part

2: Evaluation protocol of surface shape and repeatability of relative landmark positions. Geneva, 2015.

ISO [Organização Internacional de Normalização]. **ISO 7250-1**: Basic human body measurements for technological design - Part 1: Body measurement definitions and landmarks. Geneva, 2017.

ISO [Organização Internacional de Normalização]. **ISO 8559-1**: Size designation of clothes - Part 1: Anthropometric definitions for body measurement. Geneva, 2017.

JAVAID, Mohd; HALEEM, Abid. Additive manufacturing applications in medical cases: A literature-based review. **Alexandria Journal of Medicine**, Alexandria, v. 54, n. 4, p. 411-422, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ajme.2017.09.003>. Acesso em: 20 jan. 2022.

JETTE, Alan M. Toward a Common Language for Function, Disability, and Health. **Physical Therapy**, Estados Unidos, v. 86, n. 5, p. 726-734, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ptj/86.5.726>. Acesso em: 20 jan. 2022.

JONES, Monica L. H.; EBERT, Sheila M.; HU, Jinwen; PARK, Byoung-Keon; REED, Matthew P. Quantifying body shape differences between supine and standing postures for adults with high body mass index. In: INTERNATIONAL DIGITAL HUMAN MODELING CONFERENCE, 4., 2016, Montreal. **Anais eletrônicos...** Montreal, 2016, p. 1-7. Disponível em: http://mreed.umtri.umich.edu/mreed/pubs/Jones_2016_DHM_obese.pdf. Acesso em: 20 jan. 2022.

JORDAN, Patrick W. **An introduction to usability**. London: CRC Press, 2002.

JUNK, Stefan; MATT, Rebecca. New approach to introduction of 3D digital technologies in design education. **Procedia CIRP**, Amsterdã, v. 36, n. 1, p. 35-40, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.01.045>. Acesso em: 20 jan. 2022.

KAKLANIS, Nikolaos; STAVROPOULOS, Georgios; TZOVARAS, Dimitrios. Modeling people with motor disabilities to empower the automatic accessibility and ergonomic assessment of new products. **Applied Ergonomics**, Amsterdã, v. 51, p. 120-136, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.04.016>. Acesso em: 20 jan. 2022.

KARBOWSKI, Krzysztof. Surround 3-dimensional escâner. **Management and Production Engineering Review**, Opole, v. 8, n. 2, p. 99-104, jun. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/mper-2017-0022>. Acesso em: 29 jan. 2022.

KARWOWSKI, Waldemar. **Ergonomics Design and Management: Theory and Applications**. London: Routledge, 2008.

KERSTEN, Thomas P.; PRZYBILLA, Heinz-Jürgen; LINDSTAEDT, Maren; TSCHIRSCHWITZ, Felix; MISGAISKI-HASS, Martin. Comparative geometrical investigations of hand-held scanning systems. In: THE INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, 23., 2016, Praga. **Anais eletrônicos...** Praga, 2016. p. 507-514. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B5-507-2016>. Acesso em: 20 jan. 2022.

KIDD, D.; STEWART, G.; BALDRY, J.; JOHNSON, J.; ROSSITER, D.; PETRUCKEVITCH, A.; THOMPSON, J. The Functional Independence Measure: a comparative validity and reliability study. **Disability and rehabilitation**, Inglaterra, v. 17, n. 1, p. 10-14, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.3109/09638289509166622>. Acesso em: 20 jan. 2022.

KIETZMANN, Jan; PITT, Leyland; BERTHON, Pierre. Disruptions, decisions, and destinations: Enter the age of 3-D printing and additive manufacturing. **Business Horizons**, Amsterdã, v. 58, n. 2, p. 209-215, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2014.11.005>. Acesso em: 20 jan. 2022.

KLEPSE, Aanke; MORLOCK, Simone; LOERCHER, Chistine; SCHENK, Andreas. Functional measurements and mobility restriction (from 3D to 4D scanning). In: ZAKARIA, Norsaadah; GUPT, Deepti. **Anthropometry, Apparel Sizing and Design**. 2. ed. Sawston: Woodhead Publishing, 2020. p. 169-199. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102604-5.00007-X>. Acesso em: 20 jan. 2022.

KORTE, Johannus Q.; BONGERS, Coen C.; HOPMAN, Maria T.; TEUNISSEN, Lennart P.; JANSEN, Kaspar M.; KINGMA, Boris R.; BALLAKF, Sam B.; MAASE, Kamiel; MOEN, Maarten H.; DIJK, Jan-Willem van; DAANEN, Hein A. M.; EIJSVOGELS, Thijs M. H. Performance and thermoregulation of Dutch Olympic and Paralympic athletes exercising in the heat: Rationale and design of the Thermo Tokyo study: The journal Temperature toolbox. **Temperature**, Londres, v. 8, n. 3, p. 209-222, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23328940.2021.1925618>. Acesso em: 20 jan. 2022.

KOUCHI, Makiko; MOCHIMARU, Masaaki. Errors in landmarking and the evaluation of the accuracy of traditional and 3D anthropometry. **Applied Ergonomics**, Amsterdã, v. 42, n. 3, p. 518-527, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.09.011>. Acesso em: 20 jan. 2022.

KOZAR, Tatjana; RUDOLF Andreja; CUPAR, Aandrej; JEVŠNIK, Simona; STJEPANOVIĆ, Zoran. Designing an Adaptive 3D Body Model Suitable for People with Limited Body Abilities. **Journal of Textile Science & Engineering**, Wuhan, v. 4, n. 5, p. 1-13, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4172/2165-8064.1000165>. Acesso em: 17 jan. 2022.

KULKARNI, Dileep; RANJAN, S.; CHITODKAR, Vivev; GURJAR, Varanda; GHASIAS, C. V.; MANNIKAR, A. V. Size India- Anthropometric size measurement of Indian driving population. **SAE Technical Papers**, Adyar Chennai, p. 1-8, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.4271/2011-26-0108>. Acesso em: 21 jan. 2022.

LACERDA, Daniel P.; DRESCH, Aline; PROENÇA, Adriano; JÚNIOR, José A. V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & produção**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000014>. Acesso em: 21 jan. 2022.

LEE, Wonsup; LEE, Baekhee; KIM, Sungho; JUNG, Hayoung; JEON, Eunjin; CHOI, Teukgyu; YOU, H. 3D scan to product design: Methods, techniques, and cases. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D BODY SCANNING TECHNOLOGIES, 6., 2015, Lugano. **Anais eletrônicos...** Lugano: 3D body.tech, 2015. p. 1-7. Disponível em: <https://doi.org/10.15221/15.168>. Acesso em: 21 jan. 2022.

LI, Rui; PENG, Qingjin; INGLEBY, Harry; SASAKI, David. A model retrieving based method for bolus shaping. **Procedia CIRP**, Amsterdã, v. 78, n. 1, p. 121-126, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.08.171>. Acesso em: 21 jan. 2022.

LI, Zhizhong; CHANG, Chien-Chi; DEMPSEY, Patrick G.; CAI, Xiuwen. Refraction effect analysis of using a hand-held laser scanner with glass support for 3D anthropometric measurement of the hand: A theoretical study. **Measurement**, Amsterdã, v. 41, n. 8, p. 842-850, out. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2008.01.007>. Acesso em: 21 jan. 2022.

LINDELL, Eva; TINGSVIK, Hanna; GUO, Li; PETERSON, Joel. 3D Body Scan as Anthropometric Tool for Individualized Prosthetic Socks. **Autex Research Journal**, Lodz, v. 0, n. 0, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/aut-2021-0007>. Acesso em: 21 jan. 2022.

LIU, Xingguo; NIU, Jianwei; RAN, Linghua; LIU, Taijie. Estimation of Human Body Volume (BV) from Anthropometric Measurements Based on Three-Dimensional (3D) Scan Technique. **Aesthetic Plastic Surgery**, Amsterdã, v. 41, n. 4, p. 971–978, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00266-017-0872-5>. Acesso em: 21 jan. 2022.

LÖBACH, Bernd. **Design industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LOEFFLER-WIRTH, Henry; VOGEL, Mandy; KIRSTEN, Toralf; GLOCK, Fabian; POULAIN, Tanja; RNER, Antje K.; LOEFFLER, Markus; KIESS, Wieland; BINDER, Hans. Body typing of children and adolescents using 3D-body scanning. **PloS one**, São Francisco, v. 12, n. 10, p. e0186881, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186881>. Acesso em: 21 jan. 2022.

LÖFFLER-WIRTH, Henry; WILLSCHER, E.; AHNERT, P.; WIRKNER, K.; ENGEL, C.; LOEFFLER, M.; BINDER, H. Novel anthropometry based on 3D-bodyscans applied to a large population based cohort. **PLoS ONE**, São Francisco, v. 11, n. 7, p. e0159887, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186881>. Acesso em: 21 jan. 2022.

LOVATO, C. 3D Digital Anthropometry Using the BodySCAN. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D BODY SCANNING TECHNOLOGIES, 1., 2010, Lugano. **Anais eletrônicos...** Lugano: 3D body.tech, 2010. p. 259-263. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186881>. Acesso em: 21 jan. 2022.

LOWDERMILK, Travis. **User-centered design: a developer's guide to building user-friendly applications**. Newton: O'Reilly Media, 2013.

LU, Lu; YICK, Kit-Lun; NG, Zerance; YIP, Joanne; TSE, Chi-Yung. Evaluation of body geometry and symmetry for adolescent idiopathic scoliosis with 3D body scanning system A 6-month follow-up. **Research Journal of Textile and Apparel**, Bingley, v. 21, n. 4, p. 276–292, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/RJTA-11-2016-0027>. Acesso em: 22 jan. 2022.

LUNSFORD, Christopher; GRINDLE, Garrett; SALATIN, Benjamin; DICIANNO, Brad E. Innovations with 3-dimensional printing in physical medicine and rehabilitation: a review of the literature. **PM&R**, Hoboken, v. 8, n. 12, p. 1201-1212, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2016.07.003>. Acesso em: 22 jan. 2022.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2004.

MARKIEWICZ, Łukasz; WITKOWSKI, Marcin; SITNIK, Robert; MIELICKA, Elżbieta. 3D anthropometric algorithms for the estimation of measurements required for specialized garment design. **Expert Systems with Applications**, Amsterdã, v. 85, n. 1, p. 366–385, nov. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.04.052>. Acesso em: 22 jan. 2022.

MARSHALL, Russell; SUMMERSKILL, Steve. Posture and anthropometry. In: SCATAGLINI, Sofia; PAUL, Gunther (Ed.). **DHM and Posturography**. Cambridge: Academic Press, 2019. p. 333-350. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816713-7.00025-8>. Acesso em: 22 jan. 2022.

MATTSON, Christopher A.; SORENSEN, Carl D. **Product Development: Principles and Tools for Creating Desirable and Transferable Designs**. Berlin: Springer Nature, 2019.

MCDONALD, Samantha; COMRIE, Niara; BUEHLER, Erin; CARTER, Nicholas; DUBIN, Braxton; GORDES, Karen; MCCOMBE-WALLER, Sandy; HURST, Amy. Uncovering challenges and opportunities for 3D printing assistive technology with physical therapists. In: INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY, 18., 2016, Reno. **Anais eletrônicos...** Reno: ACM, 2016. p. 131-139. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2982142.2982162>. Acesso em: 22 jan. 2022.

MEDEIROS, Cindy R. P. X. **Requisitos técnicos e biopsicossociais para desenvolvimento de projeto de brinquedos pré-escolares**. 2012. 132 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/99295>. Acesso em: 23 jan. 2022.

MEDINA-INOJOSA, Jose; SOMERS, Virend K.; NGWA, Taiwo; HINSHAW, Ling; LOPEZ-JIMENEZ, Fancisco. Reliability of a 3D Body Scanner for Anthropometric Measurements of Central Obesity. **Obesity Open Access**, California, v. 2, n. 3, p. 1–9, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.16966/2380-5528.122>. Acesso em: 22 jan. 2022.

MENDELEY. **Mendeley**. 2021. Disponível em: <https://www.mendeley.com/>. Acesso em: 23 jan. 2022.

MICROSOFT. **Kinect 360**. Disponível em: www.support.xbox.com/pt-BR/browse/xbox-360. Acesso em: 05 set. 2019.

MOLENBROEK, Johannes F. M. Anthropometry of elderly people in the Netherlands; research and applications. **Applied Ergonomics**, Amsterdã, v. 13, n. 3, p. 187–199, set. 1987. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(87\)90003-2](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90003-2). Acesso em: 23 jan. 2022.

MOLENBROEK, Johannes F. M.; MANTAS, John; BRUIN, Renate. **A Friendly Rest Room: Developing Toilets of the Future for Disabled and Elderly People**. Amsterdã: IOS Press, 2011. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.3233/978-1-60750-752-9-7>. Acesso em: 23 jan. 2022.

MORAES, Graziela G.; CATECATI, Tiago; MERINO, Giselle S. A. D.; MERINO, Eugenio A. D.; FERREIRA, Marcelo G. G. Processos Produtivos de AFO nas Oficinas Ortopédicas do SUS: Implantação da indústria 4.0 – uma revisão. In: PASCHOARELLI, Luis Carlos; MEDOLA, Fausto O (Ed.). **Tecnologia Assistiva: estudos teóricos**. Bauru: Canal 6 Editora, 2018, p. 169-194. Disponível em: <https://www.canal6livraria.com.br/pd-5ed337-tecnologia-assistiva-estudos-teoricos.html?ct=&p=1&s=1>. Acesso em: 23 jan. 2022.

NACE, Susan; TIERNAN, John; NÍ ANNAIDH, Aisling. Manufacturing custom-contoured wheelchair seating: A state-of-the-art review. **Prosthetics and orthotics international**, Inglaterra, v. 43, n. 4, p. 382-395, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0309364619836028>. Acesso em: 23 jan. 2022.

NAKIĆ, Marija; BOGOVIĆ, Slavica. Computational Design of Functional Clothing for Disabled People. **Tekstilec**, Slovenia, v. 62, n. 1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.14502/Tekstilec2019.62.23-33>. Acesso em: 23 jan. 2022.

NAWANGPALUPI, Catharina B.; FRANSISCUS, Hanky; ARTHAYA, Bagus; PUTRA, Adiyoga I. Parameter Identification of Scanning Quality in 3D Laser Scanner: Hardware

and Light Intensity Settings. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT, 7., 2014, Bali. **Anais eletrônicos...** Bali: IEEM, 2014. p. 34-39. Disponível em: https://lppm.unpar.ac.id/wp-content/uploads/sites/10/2016/01/HF-Paper_PARAMETER-IDENTIFICATION-OF-SCANNING-QUALITY-IN-3D-LASER-SCANNER.pdf. Acesso em: 23 jan. 2022.

NEWELL, Alan F.; GREGOR, Peter; MORGAN, Margaret; PULLIN, Graham; MACAULAY, Catriona. User-sensitive inclusive design. **Universal Access in the Information Society**, Amsterdã, v. 10, n. 3, p. 235-243, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10209-010-0203-y>. Acesso em: 23 jan. 2022.

NG, B. K.; HINTON, Benjamin J.; FAN, Bo; KANAYA, A. M.; SHEPHERD, J. A. Clinical anthropometrics and body composition from 3D whole-body surface scans. **European Journal of Clinical Nutrition**, Reino Unido, v. 70, n. 11, p. 1265–1270, nov. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.109>. Acesso em: 23 jan. 2022.

NIELSEN, J. **Usability engineering**. Burlington: Morgan Kaufmann, 1994.

NIEZGODA, George; ZHUANG, Ziging. Development of Headforms for ISO Eye and Face Protection Standards. **Procedia Manufacturing**, Amsterdã, v. 3, n. 1, p. 5761-5768, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.822>. Acesso em: 24 jan. 2022.

NORTON, Kevin; OLDS, Tim. **Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health courses**. Sydney: UNSW press, 2005.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

OCCIPITAL. **Skanect**. Disponível em: www.skanect.occipital.com. Acesso em: 10 nov. 2019.

OMS [Organização Mundial da Saúde]. **Checklist da CIF**. Versão 2.1: Formulário clínico para a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde. São Paulo: EDUSP, 2003. Disponível em: <http://www.fsp.usp.br/cbcd/wp-content/uploads/2015/11/LISTA-DE-CONFERE%CC%82NCIA-DA-CIF-2004.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2022.

OMS [Organização Mundial da Saúde]. **Como usar a CIF**: Um manual prático para o uso da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF). Versão preliminar para discussão. Genova: Organização Mundial da Saúde. 2013. Disponível em: <https://portaldeboaspraticas.iff.fiocruz.br/wp-content/uploads/2020/02/Manual-Pra%CC%81tico-da-CIF.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2022.

PALASTANGA, Nigel; FIELD, Derek. R. S. **Anatomy & Human Movement Structure & Function**. 6. ed. Amsterdã: Churchill Livingstone, 2002.

PANERO, Julius; ZELNIK, Martin. **Dimensionamento humano para espaços interiores**: Um livro de consulta e referência para projetos. Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

PAPANEK, Victor; FULLER, R. Buckminster. **Design for the real world**. Londres: Thames and Hudson, 1972.

PAQUET, Victor; FEATHERS, David. An anthropometric study of manual and powered wheelchair users. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Amsterdã, v. 33, n. 3, p. 191–204, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2003.10.003>. Acesso em: 24 jan. 2022.

PARK, Byoung-Keon; REED, Matthew P. Rapid Generation of Custom Avatars using Depth Cameras. In: INTERNATIONAL DIGITAL HUMAN MODELING SYMPOSIUM, 3., 2014, Tokyo. **Anais eletrônicos...** Tokyo: Springer, 2014. p. 1–6. Disponível em: http://mreed.umtri.umich.edu/mreed/pubs/Park_2014_DHM_Kinect.pdf. Acesso em: 24 jan. 2022.

PARKER, Christopher J.; GILL, Simeon; HARWOOD, Adrian; HAYES, Steven G.; AHMED, Maryan. A Method for Increasing 3D Body Scanning's Precision: Gryphon and Consecutive Scanning. **Ergonomics**, Warwickshire, v. 65, n. 1, p. 39-59, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1931473>. Acesso em: 24 jan. 2022.

PEDERSON, David; GORE, Christopher. Capítulo 3 - Error En La Medición Antropométrica. In: NORTON, Kevin; OLDS, Tim. **Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health courses**. Sydney: UNSW press, 2005. p. 61-70.

PERSSON, Hans; ÅHMAN, Henrik; YNGLING, Alexander Arvei; GULLIKSEN, Jan. Universal design, inclusive design, accessible design, design for all: different concepts—one goal? On the concept of accessibility—historical, methodological and philosophical aspects. **Universal Access in the Information Society**, Amsterdã, v. 14, n. 4, p. 505-526, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10209-014-0358-z>. Acesso em: 24 jan. 2022.

PERSSON, Jan-Gunnar. Current trends in product development. **Procedia CIRP**, Amsterdã, v. 50, n. 2016, p. 378-383, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.088>. Acesso em: 24 jan. 2022.

PETRAK, Slavenka; NAGLIC, Maja M. Dynamic Anthropometry - Defining Protocols for Automatic Body Measurement. **Tekstilec**, Slovenia v. 60, n. 4, p. 254–262, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.14502/TEKSTILEC2017.60.254-262>. Acesso em: 26 jan. 2022.

PHEASANT, Stephen. **Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work**. 2. ed. Filadélfia: Taylor & Francis, 2003.

PLOS, Ornella; BUISINE, Stáphanie; AOUSSAT, Améziiane; MANTELET, Fabrice; DUMAS, Claude. A Universalist strategy for the design of Assistive Technology. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Amsterdã, v. 42, n. 6, p. 533-541, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2012.09.003>. Acesso em: 26 jan. 2022.

PRESTES, Rafael. C. **Tecnologia Assistiva: Atributos de Design de Produto Para Adequação Postural Personalizada na Posição Sentada**. 2011. 97 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/36038>. Acesso em: 26 jan. 2022.

PULLIN, Graham. **Design meets disability**. Cambridge: MIT press, 2009.

RAUTER, Samo; VODICAR, Janez; SIMENKO, Jozef. Body Asymmetries in Young Male Road Cyclists. **International Journal of Morphology**, Temuco, v. 35, n. 3, p. 907–912, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000300018>. Acesso em: 26 jan. 2022.

RECFUSION. **RecFusion 1.4.6**. Disponível em: www.recfusion.net/index.php/en/. Acesso em: 05 set. 2019.

REDAELLI, Davide F.; BARSANTI, Sara G.; FRASCHINI, Paolo; BIFFI, Emilia; COLOMBO, Giorgio. Low-cost 3D devices and laser scanners comparison for the application in orthopedic centres. **Int. Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences**, Hannover, v. 42, n. 2, p. 953-960, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-953-2018>. Acesso em: 26 jan. 2022.

ROBINETTE, Kathleen M. 3D body scanning, past and future. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D BODY SCANNING TECHNOLOGIES, 4., 2013, Long Beach. **Anais eletrônicos...** Long Beach: 3D Body.tech, 2013. p. 11. Disponível em: http://www.3dbodyscanning.org/cap/papers/2013/13011_64robinette_abs.pdf. Acesso em: 26 jan. 2022.

ROBINETTE, Kathleen M.; BLACKWELL, Sherri; DAANEN, Hein; BOEHMER, Mark; FLEMING, Scott; BRILL, Tina; HOEFERLIN, David; BURNSIDES, Dennis. **Civilian American and European Surface Anthropometry Resource (CAESAR)**. 2002. Disponível em: <https://www.humanics-es.com/CAESARvol1.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2018.

ROODBANDI, Akram S. J.; NADERI, Hamid; HASHENMI-NEJAD, Naser; CHOOBINEH, Alireza; BANESHI, Mohammad R.; FEYZI, Vafa. Technical report on the modification of 3-dimensional non-contact human body laser scanner for the measurement of anthropometric dimensions: Verification of its accuracy and precision. **Journal of Lasers in Medical Sciences**, Tehran, v. 8, n. 1, p. 22-28, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.15171/jlms.2017.05>. Acesso em: 26 jan. 2022.

ROSENMAN, Gabriel C. **Avaliação de sistemas de digitalização 3D de baixo custo aplicados ao desenvolvimento de órteses por manufatura aditiva**. 2017. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2630>. Acesso em: 26 jan. 2022.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando A.; AMARAL, Daniel C.; TOLEDO, José Carlos de; SILVA, Sergio Luis da; ALLIPRANDINI, Dário Henrique; SCALICE, Régis K. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

RUBIN, Jeffrey; CHISNELL, Dana. **Handbook of usability testing**: how to plan, design and conduct effective tests. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

RUDOLF, Andreja; CUPAR, Andrej; KOZAR, Tatjana; STJEPANOVIĆ, Zoran. Study regarding the virtual prototyping of garments for paraplegics. **Fibers and Polymers**, Seoul, v. 16, n. 5, p. 1177-1192, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12221-015-1177-4>. Acesso em: 26 jan. 2022.

RUDOLF, Andreja; REPNIK, Jasna; DRSTVENSEK, Igor; GÖRLICHOVÁ, Lucie; SALOBIR, Andrej; KIRBIS, Jernej; SELIMOVIC, Irma. New technologies in the development of ergonomic garments for wheelchair users in a virtual environment. **Industria textila**, Philadelphia, v. 68, n. 2, p. 83-94, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.35530/IT.068.02.1371>. Acesso em: 26 jan. 2022.

RUMBO-RODRÍGUEZ, Lorena; SÁNCHEZ-SANSEGUNDO, Miriam; FERRER-CASCALES, Rosario; GARCÍA-D'URSO, Nahuel; HURTADO-SÁNCHEZ, Jose A.; ZARAGOZA-MARTÍ, Ana. Comparison of Body Scanner and Manual Anthropometric Measurements of Body Shape: A Systematic Review. **International Journal of**

Environmental Research and Public Health, Basel, v. 18, n. 12, p. 6213-6230, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph18126213>. Acesso em: 26 jan. 2022.

RUSSELL, Dianne J.; ROSENBAUM, Peter L.; CADMAN David T.; GOWLAND, Carolyn; HARDY, Susan; JARVIS, Sheila. The gross motor function measure: a means to evaluate the effects of physical therapy. **Developmental Medicine & Child Neurology**, Hoboken, v. 31, n. 3, p. 341-352, 1989. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1989.tb04003.x>. Acesso em: 26 jan. 2022.

RUSSELL, Diane J.; ROSENBAUM, Peter L.; WRIGHT, Marilyn; AVERY, Lisa M. **Gross motor function measure (GMFM-66 & GMFM-88) user's manual**. Londres: Mac Keith press, 2002. Disponível em: <https://acuresearchbank.acu.edu.au/item/88v85/gross-motor-function-measure-gmfm-66-gmfm-88-users-manual>. Acesso em: 26 jan. 2022.

SANTOS, Aguinaldo dos. **Seleção do Método de Pesquisa**: guia para pós-graduandos em Design e áreas afins. Curitiba: Insight, 2018a. Disponível em: <https://editorainsight.com.br/produto/selecao-do-metodo-de-pesquisa-guia-para-pos-graduandos-em-design-e-areas-afins-pdf/>. Acesso em: 26 jan. 2022.

SANTOS, Aguinaldo dos; SRINIVASA, Amrit; VEZZOLI, Carlo; KOHTALA, Cindy. **Sistema produto + serviço sustentável**: fundamentos. Curitiba: Insight, 2018b. Disponível em: <https://editorainsight.com.br/produto/sistema-produto-servico-sustentavel-fundamentos/>. Acesso em: 26 jan. 2022.

SCATAGLINI, Sofia; PAUL, Gunther (Ed.). **DHM and Posturography**. Cambridge: Academic Press, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/C2018-0-00529-0>. Acesso em: 26 jan. 2022.

SCHWARZ-MÜLLER, Frank; MARSHALL, Russel; SUMMERSKILL, Steve. Development of a positioning aid to reduce postural variability and errors in 3D whole body scan measurements. **Applied Ergonomics**, Amsterdã, v. 68, n. 2017, p. 90–100, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.11.001>. Acesso em: 26 jan. 2022.

SCHWARZ-MÜLLER, Frank; MARSHALL, Russel; SUMMERSKILL, Steve; POREDDA, Christoph. Measuring the efficacy of positioning aids for capturing 3D data in different clothing configurations and postures with a high-resolution whole-body scanner. **Measurement**, Amsterdã, v. 169, p. 108519, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108519>. Acesso em: 26 jan. 2022.

ŞENOL, Mehmet B. Anthropometric evaluation of cockpit designs. International. **Journal of occupational safety and ergonomics**, Londres, v. 22, n. 2, p. 246-256, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10803548.2015.1126456>. Acesso em: 26 jan. 2022.

SES-SP [Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo] Síndrome pós-poliomielite. **Revista de Saúde Pública**, v. 40, n. 5 p. 941-945, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102006000600029>. Acesso em: 12 mar. 2022.

SHAH, Parth; LUXIMON, Yan. Use of digital human modeling in product design. In: SCATAGLINI, Sofia; PAUL, Gunther (Ed.). **DHM and Posturography**. Cambridge: Academic Press, 2019. p. 591-598. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816713-7.00044-1>. Acesso em: 26 jan. 2022.

SHCHERBINA, K. K.; FOGT, E. V.; GOLOVIN, M. A.; CHERNIKOVA, M. V.; KUZICHEVA, A. D. Automation of Full-Size Wheelchair User Body 3D-Scan Dimensional Signs

Registration. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Praga, v. XLIV-2/W1, n. April, p. 189–193, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/ISPRS-ARCHIVES-XLIV-2-W1-2021-189-2021>. Acesso em: 27 jan. 2022.

SHU, Chang; XI, Pengcheng; WUHRER, Stefanie. From 3-D Scans to Design Tools. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D BODY SCANNING TECHNOLOGIES, 4., 2013, Long Beach. **Anais eletrônicos...** Long Beach: 3D Body.tech, 2013. p. 151-156. Disponível em: https://www.3dbodyscanning.org/cap/papers/2013/13151_39shu.pdf. Acesso em: 27 jan. 2022.

SIERRA, Isabella S.; OKIMOTO, Maria Lúcia L. R.; BECCARI, M. N. Disability studies e design: a dialética dos modelos de deficiência e de design. **Estudos em Design**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 134-148, 2019. Disponível em: <https://estudosemdesign.emnuvens.com.br/design/article/view/676>. Acesso em: 27 jan. 2022.

SIERRA, Isabella S.; OKIMOTO, Maria Lúcia L. R. Explorando novas tecnologias para a Antropometria Sentada. **Human Factors in Design**, Florianópolis, v. 10, n. 19, p. 70-83, 2021a. Disponível em: <https://doi.org/10.5965/2316796310192021070>. Acesso em: 27 jan. 2022.

SIERRA, Isabella S.; OKIMOTO, Maria Lúcia L. R.; Proposta de Protocolo de Análise da Malha escaneada (MAP). **Design e Tecnologia**, Porto Alegre, v. 11, n. 22, p. 83-92, 2021b. Disponível em: <https://doi.org/10.23972/det2021iss22pp83-92>. Acesso em: 27 jan. 2022.

SIERRA, Isabella S.; ROSENMAN, Gabriel C.; FOGGIATTO, José. A. ; CATAPAN, Márcio F.; OKIMOTO, Maria Lúcia L. R. . Escaneamento tridimensional de objetos a través de materiales transparentes. **Revista Ciencia y Tecnología**, Posadas, v. 34, n. 1, p. 37-44, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.36995/j.recyt.2020.34.005>. Acesso em: 27 jan. 2022.

SIERRA, Isabella S.; **Sistematização da prescrição de assentos para adequação postural de pessoas com tônus muscular anormal**. 2017. 142 f. Dissertação (Mestrado em Design). Centro de Artes, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/ceart/id_cpmenu/1229/Isabella_Souza_Sierra_150877110_26413_1229.pdf. Acesso em: 27 jan. 2022.

SILVA, Fábio P. da; SALVALAIO, Cláudio L.; KINDLEIN, Wilson. Análise Comparativa de Processos de Digitalização 3D para Modelos de Partes Humanas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 9., 2010, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: 2010. p. 1-12. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/337320667/Anais-9-Ped-2010>. Acesso em: 26 jan. 2022.

SILVER, Blair; WILSON, Patrick B. Reliability and minimal detectable change of the styku 3D body scanner. **Measurement in Physical Education and Exercise Science**, Londres, v. 24, n. 3, p. 165-171, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1091367X.2020.1751634>. Acesso em: 27 jan. 2022.

SIMENKO, Jozef; IPAVEC, Matej; VODICAR, Janez; RAUTER, Samo. Body symmetry/asymmetry in youth judokas in the under 73 kg category. **Ido Movement for Culture-Journal of Martial Arts Anthropology**, Rzeszów, v. 17, n. 2, p. 51–55, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.14589/ido.17.2.6>. Acesso em: 29 jan. 2022.

SIMS, Ruth E.; MARSHALL, Russel; GYI, Diane E.; SUMMERSKILL, Stephen J.; CASE, Keith. Collection of anthropometry from older and physically impaired persons: Traditional methods versus TC23-D body scanner. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Amsterdã, v. 42, n. 1, p. 65–72, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2011.10.002>. Acesso em: 27 jan. 2022.

SOILEAU, L.; BAUTISTA, D.; JOHNSON, C.; GAO, C.; ZHANG, Kang; LI, X.; HEYMSFIELD, Steven B.; THOMAS Diana M.; ZHENG, J. Automated anthropometric phenotyping with novel Kinect-based three-dimensional imaging method: comparison with a reference laser imaging system. **European Journal of Clinical Nutrition**, Reino Unido, v. 70, n. 4, p. 475–481, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.36995/j.recyt.2020.34.005>. Acesso em: 27 jan. 2022.

SPAHIU, Tatjana; SHEHI, E.; PIPERI, Erald. Anthropometric studies: Advanced 3D method for taking anthropometric data in Albania. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology**, Tamilnadu, v. 4, n. 4, p. 2136–2142, 2015. Disponível em: [http://www.ijirset.com/upload/2015/april/65 Anthropometric.pdf](http://www.ijirset.com/upload/2015/april/65%20Anthropometric.pdf). Acesso em: 27 jan. 2022.

STEINFELD, Edward; LENKER, James; PAQUET, Victor. **The Anthropometrics of Disability**: An International Workshop. 2002. Disponível em: www.idea.ap.buffalo.edu/Anthro/The%20Anthropometrics%20of%20Disability.pdf. Acesso em: 05 mai. 2018.

STEINFELD, Edward; MAISEL, Jordana; FEATHERS, David; D'SOUZA, Clive. Anthropometry and Standards for Wheeled Mobility An International Comparison. **Assistive Technology**, Londres, v. 22, n. 1, p. 51–67, 2010a. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10400430903520280>. Acesso em: 27 jan. 2022.

STEINFELD, Edward; MAISEL, Jordana; FEATHERS, David; D'SOUZA, Clive. **Anthropometry of Wheeled Mobility Project**. 2010b. Disponível em: www.udeworld.com/documents/anthropometry/pdfs/AnthropometryofWheeledMobilityProject_FinalReport.pdf. Acesso em: 05 mai. 2018.

STEWART, Arthur D.; LEDINGHAM, Robert L.; FURNACE, Graham; WILLIAMS, Hector; NEVILL, Alan M. Shape change and obesity prevalence among male UK offshore workers after 30 years: New insight from a 3D scanning study. **American Journal of Human Biology**, Bethesda, v. 29, n. 4, p. 1–7, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ajhb.22992>. Acesso em: 27 jan. 2022.

STICKDORN, Mark; SCHNEIDER, Jakob; ANDREWS, Kate; LAWRENCE, A. **This is service design thinking**: Basics, tools, cases. Hoboken: Wiley, 2011.

STORY, Molly F.; MUELLER, James L.; MACE, Ronald. **The Universal Design File**: Designing for People of All Ages and Abilities. 2. ed. Raleigh: The Center For Universal Design, 1998. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED460554>. Acesso em: 27 jan. 2022.

STYKU. **Styku**. Encontrado em: <https://www.styku.com>. Acesso em: 27 jan. 2022.

TANAKA, Masahiro; SOGABE, Akitoshi. A measuring system of the legs shape by using the kinect sensor. In: CONFERENCE OF THE SOCIETY OF INSTRUMENT AND CONTROL ENGINEERS OF JAPAN, 56., 2017, Kanazawa. **Anais eletrônicos...** Kanazawa, 2017. p. 106–109. Disponível em: <https://doi.org/10.23919/SICE.2017.8105558>. Acesso em: 27 jan. 2022.

TARABINI, Marco; MARCHISOTTI, Daniele; SALA, Remo; MARZAROLI, Pietro; GIBERTI, Hermes; SCULATI, Michele. A prototype for the automatic measurement of the hand dimensions using the Microsoft Kinect V2. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MEDICAL MEASUREMENTS AND APPLICATIONS, 2018, Roma. **Anais eletrônicos...** Roma: MEMEA, 2018. p. 1-6. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MeMeA.2018.8438789>. Acesso em: 27 jan. 2022.

TEGER, Caelen; SIERRA, Isabella S.; ADAM, Dominique L.; OKIMOTO, Maria Lúcia L. R.; FOGGIATTO, José A. Design Practice for Sustainability: development of a low-cost orthosis. In: LENS CONFERENCE, 3., 2019, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: Lens, 2019. p. 836-841. Disponível em: <http://lensconference3.org/images/program/VOLUME3.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2022.

THELWELL, Michael; CHIU, Chuang-Yuan; BULLAS, Alice; HART, John; WHEAT, Jon; CHOPPIN, Simon. How shape-based anthropometry can complement traditional anthropometric techniques: a cross-sectional study. **Scientific Reports**, Berlim, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69099-4>. Acesso em: 27 jan. 2022.

TOMKINSON, Grant R.; SHAW, Linda G. Quantification of the postural and technical errors in asymptomatic adults using direct 3D whole body scan measurements of standing posture. **Gait and Posture**, Amsterdã, v. 37, n. 2, p. 172–177, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.06.031>. Acesso em: 27 jan. 2022.

TONG, Jing; ZHOU, Jin; LIU, Ligang; PAN, Zhigeng; YAN, Hao. Scanning 3D full human bodies using kinects. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, v. 18, n. 4, p. 643–650, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2012.56>. Acesso em: 27 jan. 2022.

TSOLI, Aggeliki; LOPER, Matthew; BLACK, Michael J. Model-based anthropometry: Predicting measurements from 3D human scans in multiple poses. In: IEEE WINTER CONFERENCE ON APPLICATIONS OF COMPUTER VISION, 2014, Colorado. **Anais eletrônicos...** New Jersey: IEEE Computer Society, 2014. p. 83–90. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/WACV.2014.6836115>. Acesso em: 27 jan. 2022.

TUKKER, Arnold; TISCHNER, Ursula. Product-services as a research field: past, present and future. Reflections from a decade of research. **Journal of cleaner production**, Amsterdã, v. 14, n. 17, p. 1552-1556, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.01.022>. Acesso em: 27 jan. 2022.

VERWULGEN, Stijn; LACKO, Daniël; VLEUGELS, Jochen; VAES, Kristof R. V.; DANCKAERS, Femke; BRUYNE, Guido de; HUYSMANS, Toon. A new data structure and workflow for using 3D anthropometry in the design of wearable products. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Amsterdã, v. 64, p. 108-117, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2018.01.002>. Acesso em: 28 jan. 2022.

VERWULGEN, Stijn; VLEUGELS, Jochen; LACKO, Daniël; HARING, Erik; BRUYNE, Guido de; HUYSMANS, Toon. Thickness of compressed hair layer: a pilot study in a manikin. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D BODY SCANNING TECHNOLOGIES, 7., 2016, Lugano. **Anais eletrônicos...** Lugano: 2016. p. 182-189. Disponível em: <https://doi.org/10.15221/16.182>. Acesso em: 28 jan. 2022.

VITALI, Andrea; RIZZI, Caterina. Acquisition of customer's tailor measurements for 3D clothing design using virtual reality devices. **Virtual and Physical Prototyping**, Londres,

v. 13, n. 3, p. 131-145, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17452759.2018.1474082>. Acesso em: 28 jan. 2022.

VOISIN, Sophie; PAGE, David L. ; FOUFOU, Sebti ; TRUCHETET, Frederic ; ABIDI, Mongi. A. Color influence on accuracy of 3D scanners based on structured light. In: MACHINE VISION APPLICATIONS IN INDUSTRIAL INSPECTION, 14., 2006, California. **Anais eletrônicos...** California: 2006. p. 607009. Disponível em: <https://doi.org/10.1117/12.643448>. Acesso em: 28 jan. 2022.

WALLER, Sam; BRADLEY, Mike; HOSKING, Ian; CLARKSON, P. John. Making the case for inclusive design. **Applied Ergonomics**, Amsterdã, v. 46, n. B, p. 297-303, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.012> . Acesso em: 28 jan. 2022.

WANG, Ruizhe; CHOI, Jongmoo; MEDIONI, Gerard. Accurate full body scanning from a single fixed 3D camera. In: 3D IMAGING, MODELING, PROCESSING, VISUALIZATION AND TRANSMISSION, 3., 2012, Zurich. **Anais eletrônicos...** Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2012. p. 432-439. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/3DIMPVT.2012.57> . Acesso em: 28 jan. 2022.

WEIGERT, Mateus C. **Método de desenvolvimento de órtese personalizada de baixo custo para a manufatura aditiva**. 2017. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2775>. Acesso em: 28 jan. 2022.

WILSON, Mark. **Exclusive Microsoft Has Stopped Manufacturing The Kinect**. Fast Company, 2017. Disponível em: <https://www.fastcompany.com/90147868/exclusive-microsoft-has-stopped-manufacturing-the-kinect>. Acesso em: 28 jan. 2022.

YAN, Song; WIRTA, Johan; KÄMÄRÄINEN, Joni-Kristian. Silhouette Body Measurement Benchmarks. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PATTERN RECOGNITION, 25., 2020, Milão. **Anais eletrônicos...** Milão: IEEE, 2020. p. 7804-7809. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICPR48806.2021.9412708>. Acesso em: 28 jan. 2022.

YU, Minji; KIM, Dong-Eun. Body shape classification of Korean middle-aged women using 3D anthropometry. **Fashion and Textiles**, Amsterdã, v. 7, n. 35, p. 1-26, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40691-020-00223-8>. Acesso em: 28 jan. 2022.

APÊNDICE A – ROTEIRO DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA POR ESPECIALISTAS

Esta atividade ocorre on-line, via videoconferência, individualmente, após a leitura e assinatura do TCLE e em horário agendado. Os participantes convidados já têm conhecimento prévio na área de antropometria digital e de desenvolvimento de produtos para PcDM. O roteiro da atividade é o seguinte:

- *[Início da chamada de vídeo]* -

Pesquisadora: -- olá, seja bem-vindo(a). Hoje nós iremos fazer a avaliação de um sistema que objetiva permitir e facilitar a coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora. Você sabe por que isso é necessário?

Participante: [-- resposta do participante, se for positiva continuar, se for negativa explicar o porquê.]

Pesquisadora: -- Para isso iremos aplicar a ferramenta passo a passo cognitivo. Você já ouviu falar nessa ferramenta? Ela consiste descrever em voz alta as atividades que você iria realizar, vocalizando também suas dúvidas e ao longo do processo. Essa atividade será utilizada para fazer alterações e correções no sistema. Entendeu?

Participante: [-- resposta do participante, se for positiva continuar, se for negativa explicar novamente.]

Pesquisadora: -- Então vamos lá, peço inicialmente que você leia esta figura que estou enviando que consiste no protocolo do sistema proposto.

Pesquisadora: *[envio do documento.]*

Participante: *[tempo para leitura.]*

Pesquisadora: -- Bom, agora que você já leu, peço para que com o auxílio do [documento/arquivo/formulário – dependendo da versão apresentada], imagine que está aplicando o sistema proposto e descreva, lembre-se, em voz alta, como realizaria todas as atividades propostas. Você também pode falar as suas dúvidas e sugestões acerca do sistema durante a aplicação da ferramenta.

O(s) papel(is) que você irá adotar será(ão) o(s) do(s) [papel(is) que melhor se encaixa(m) no perfil do participante]. Para o(s) outro(s) papel(is) eu responderei as questões que você precisa para dar continuidade na aplicação das atividades. Alguma dúvida sobre a atividade?

Participante: [-- resposta do participante, se for positiva continuar, se for negativa explicar novamente.]

Pesquisadora: *[ligar a gravação]* -- Vamos lá, acabei de ligar o gravador e você já pode começar. Inicie considerando que tem um paciente/cliente/usuário que precisa de um assento adaptado para a sua cadeira de rodas que é paraplégico e possui escoliose.

REALIZAÇÃO DO PASSO A PASSO COGNITIVO

Pesquisadora: -- Obrigada. Tendo feito essa atividade, há algum outro comentário que gostaria de fazer sobre o sistema?

Participante: [-- resposta do participante.]

Pesquisadora: -- Essa foi a versão [x] do sistema. [Falar as versões anteriores e as alterações já realizadas]. Você concorda com as alterações já realizadas? Se não, qual(is) você discorda?

Participante: [-- resposta do participante.]

Pesquisadora: -- Você faria alguma outra alteração no conteúdo do sistema e das ferramentas?

Participante: [-- resposta do participante.]

Pesquisadora: -- O que você achou do formato do sistema e das ferramentas? Tem alguma sugestão de melhoramento?

Participante: [-- resposta do participante.]

Pesquisadora: -- E sobre a usabilidade do sistema e das ferramentas? Faria alguma alteração?

Participante: [-- resposta do participante.]

Pesquisadora: -- Muito obrigada pela sua participação, acredito que suas contribuições serão valiosas para o melhoramento do sistema!

Participante: [-- resposta do participante.]

Pesquisadora: [-- despedida]

-[Fim da chamada de vídeo]-

APÊNDICE B – TERMOS DE CONSENTIMENTO

Nesta pesquisa foram usados dois termos de consentimento diferentes, um TCLE voltado para os especialistas, tanto os pesquisadores quanto os clínicos e um TCLE, voltado para as pessoas com deficiência motora todos devidamente aprovados pelos dois comitês de ética aos quais esta pesquisa foi submetida. Na sequência apresentam-se os termos que foram utilizados.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - ESPECIALISTAS

Nós, Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto, professora orientadora e Isabella de Souza Sierra, aluna de pós-graduação da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você, especialista que trabalha e/ou pesquisa nas intersecções entre escaneamento tridimensional para desenvolvimento de produtos para pessoas com deficiência motora a participar de um estudo intitulado Avaliação de sistema para escaneamento tridimensional de pessoas com deficiência motora.

- a) O objetivo desta pesquisa é avaliar e validar um sistema criado que permite o escaneamento tridimensional de pessoas com deficiência motora usando para isso um protocolo e uma cadeira transparente adaptada para esse fim.
- b) Caso você participe da pesquisa, será necessário participar em **até duas atividades** on-line ou presenciais para a avaliação do sistema criado, as atividades são: Atividade 1 - on-line - realizar a um passo a passo cognitivo para avaliação do sistema que consiste na narração do processo indicado pelo sistema tal como seriam realizados; e Atividade 2 - presencial - participar da prototipagem do sistema em grupo com outros especialistas.
- c) Para tanto você deverá para a primeira atividade comparecer à uma videochamada previamente agendada o que levará aproximadamente duas horas e para a segunda atividade no Campus Politécnico da UFPR localizado na R. Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 100 - Jardim das Américas, o que levará aproximadamente três horas. Caso você participe da etapa presencial, o seu deslocamento à UFPR - Campus Politécnico e retorno ao local de origem será fornecido gratuitamente.
- d) É possível que você experimente algum desconforto, principalmente relacionado a fadiga e frustração com os temas ou duração das atividades.
- e) Alguns riscos relacionados ao estudo podem ser constrangimento, fadiga mental e frustração relacionadas com a dificuldade e/ou duração das atividades.
- f) Os benefícios esperados com essa pesquisa são a inclusão e o acesso das pessoas com deficiência motora e pesquisadores e desenvolvedores de produtos para esse público à tecnologia de escaneamento tridimensional para que possa ser usada para o desenvolvimento de produtos como equipamentos de tecnologia assistiva, roupas e outros produtos perfeitamente adequados às medidas e necessidades das pessoas com deficiência motora.
- g) As pesquisadoras Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto, Isabella de Souza Sierra responsáveis por este estudo poderão ser localizados R. Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 100 – Jardim das Américas - Centro Politécnico, Mezanino do Prédio da Oficina Mecânica - Usinagem, telefone (41) 3361-3703, lucia.demec@ufpr.br, e Edifício das salas PAs, 4º andar, sala 409, (41) 3361-3652 ou (41) 99101-8936, isabella.sierra@ufpr.br, nos dias úteis das 9h às 18h para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.
- h) A sua participação neste estudo é voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado.
- i) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas apenas pela equipe de pesquisa. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida sua confidencialidade.

- j) O material obtido, imagens e vídeos, será utilizado unicamente para essa pesquisa e será deletado ao término do estudo, dentro de dois anos.
- k) As despesas necessárias para a realização da pesquisa não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela sua participação.
- l) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.
- m) Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo telefone 3360-7259. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Eu, _____ li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Curitiba, _____ de _____ de _____.

[Assinatura do Participante de Pesquisa ou Responsável Legal]

[Assinatura do Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE]

Nome:

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde da UFPR | CEP/SD
Rua Padre Camargo, 285 | 1º andar | Alto da Glória | Curitiba/PR | CEP 80060-240 |
cometica.saude@ufpr.br – telefone (041) 3360-7259

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - PcDM

Nós, Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto, professora orientadora e Isabella de Souza Sierra, aluna de pós-graduação da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você, pessoa com deficiência motora usuária de cadeira de rodas a participar de um estudo intitulado “Avaliação de sistema para escaneamento tridimensional de pessoas com deficiência motora”. O escâner tridimensional é um equipamento simples que permite a gravação de imagem 3D do corpo sem contato físico. Assim como podemos fazer um filme que gera uma imagem 2D, e o escâner tridimensional gera uma imagem 3D. O escâner usado nesta pesquisa, o Kinect, é também usado para controle de videogames que funcionam com movimento e ele é completamente seguro. O resultado é um modelo seu em 3D que pode ser visualizado no computador. A gravação da imagem 3D é realizada apontando o escâner para você (assim como uma filmadora) mantendo uma distância de 60 cm, e você não precisa fazer nada apenas ficar parado(a) pelo tempo da gravação (máximo 5 minutos).

- a) O objetivo desta pesquisa é avaliar um sistema criado que permite a gravação de imagem 3D de pessoas com deficiência motora usando para isso uma nova técnica e uma cadeira transparente adaptada para esse fim.
- b) Caso você participe da pesquisa, você participará de uma breve entrevista para determinação de objetivos da gravação da imagem 3D, posicionamento na cadeira e gravação da sua imagem 3D.
- c) Para tanto você deverá estar presente no Campus Politécnico da UFPR localizado na R. Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 100 - Jardim das Américas, o que levará aproximadamente três horas, vestindo roupas justas de ginástica para que seja entrevistado(a) e gravado(a), o que levará aproximadamente 40 minutos. O seu deslocamento à UFPR - Campus Politécnico e retorno ao local de origem será fornecido gratuitamente.
- d) É possível que você experimente algum desconforto, principalmente desconforto físico relacionado ao posicionamento na cadeira e constrangimento nas respostas do questionário.

- e) Alguns riscos relacionados ao estudo podem ser o constrangimento nas respostas dos questionários e queda no processo de transferência para a cadeira transparente, para minimizar esses riscos estará presente profissional para auxílio na transferência.
- f) Os benefícios esperados com essa pesquisa são a inclusão e o acesso das pessoas com deficiência motora, pesquisadores e desenvolvedores de produtos para esse público à tecnologia de gravação de imagem 3D para que possa ser usada para o desenvolvimento de produtos como equipamentos de tecnologia assistiva, roupas e outros produtos perfeitamente adequados às medidas e necessidades das pessoas com deficiência motora.
- g) As pesquisadoras Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto, Isabella de Souza Sierra responsáveis por este estudo poderão ser localizados R. Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 100 - Jardim das Américas - Centro Politécnico, Mezanino do Prédio da Oficina Mecânica - Usinagem, telefone (41) 3361-3703, lucia.demec@ufpr.br, e Edifício das salas PAs, 4º andar, sala 409, (41) 3361-3652 ou (41) 99101-8936, isabella.sierra@ufpr.br, nos dias úteis das 9h às 18h para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.
- h) A sua participação neste estudo é voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado.
- i) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas apenas pela equipe de pesquisa. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida sua confidencialidade.
- j) O material obtido, imagens e vídeos, será utilizado unicamente para essa pesquisa e será deletado ao término do estudo, dentro de dois anos.
- k) As despesas necessárias para a realização da pesquisa não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela sua participação.
- l) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.
- m) Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo telefone 3360-7259. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Eu, _____ li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Curitiba, _____ de _____ de _____.

[Assinatura do Participante de Pesquisa ou Responsável Legal]

[Assinatura do Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE]

Nome:

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde da UFPR | CEP/SD
Rua Padre Camargo, 285 | 1º andar | Alto da Glória | Curitiba/PR | CEP 80060-240 |
cometica.saude@ufpr.br – telefone (041) 3360-7259

APÊNDICE C – PRIMEIRA VERSÃO DO SISTEMA

Breve introdução sobre o sistema

O sistema de antropometria digital para pessoas com deficiência motora proposto é sistematizado em um protocolo, com fases sequenciais, auxiliado funcionalmente por um dispositivo ortoposicionador físico e outras ferramentas de planejamento e avaliação, apresentados ao longo da utilização do sistema.

O protocolo considera a coleta de antropometria digital estática de pessoas com deficiência motora, principalmente usuárias de cadeira de rodas, para a captura da morfologia do corpo inteiro e dimensões corporais principais para o desenvolvimento de produtos adaptados como de assentos adaptados, órteses de tronco e vestuários.

Relacionado aos usuários são identificadas três categorias: **as pessoas com deficiência motora usuárias de cadeira de rodas beneficiadas pelo processo**, **o profissional pesquisador responsável pela realização dos procedimentos diretamente associados com o escaneamento tridimensional, digitalização, tratamento dos dados e desenvolvimento do produto**, e **o profissional da área da saúde que identifica a necessidade do produto, auxilia o processo e avalia o resultado**. Nesse contexto o profissional pesquisador e o da saúde podem ser a mesma pessoa com múltiplas responsabilidades ou diversas pessoas com responsabilidades específicas desde que tenham qualificação para tal.

Ainda, para o profissional pesquisador responsável considera-se aquele que já é familiarizado e que teve treinamento no processo de digitalização tridimensional, de tratamento da malha escaneada e de desenvolvimento de produto adaptado. Para o profissional da área da saúde, este deve ser familiarizado com a pessoa com deficiência, ou com a sua deficiência, de modo que possa opinar e auxiliar no processo de antropometria digital. O protocolo possui cinco etapas, Figura C-1.

FIGURA C-1: ETAPAS DO PROTOCOLO

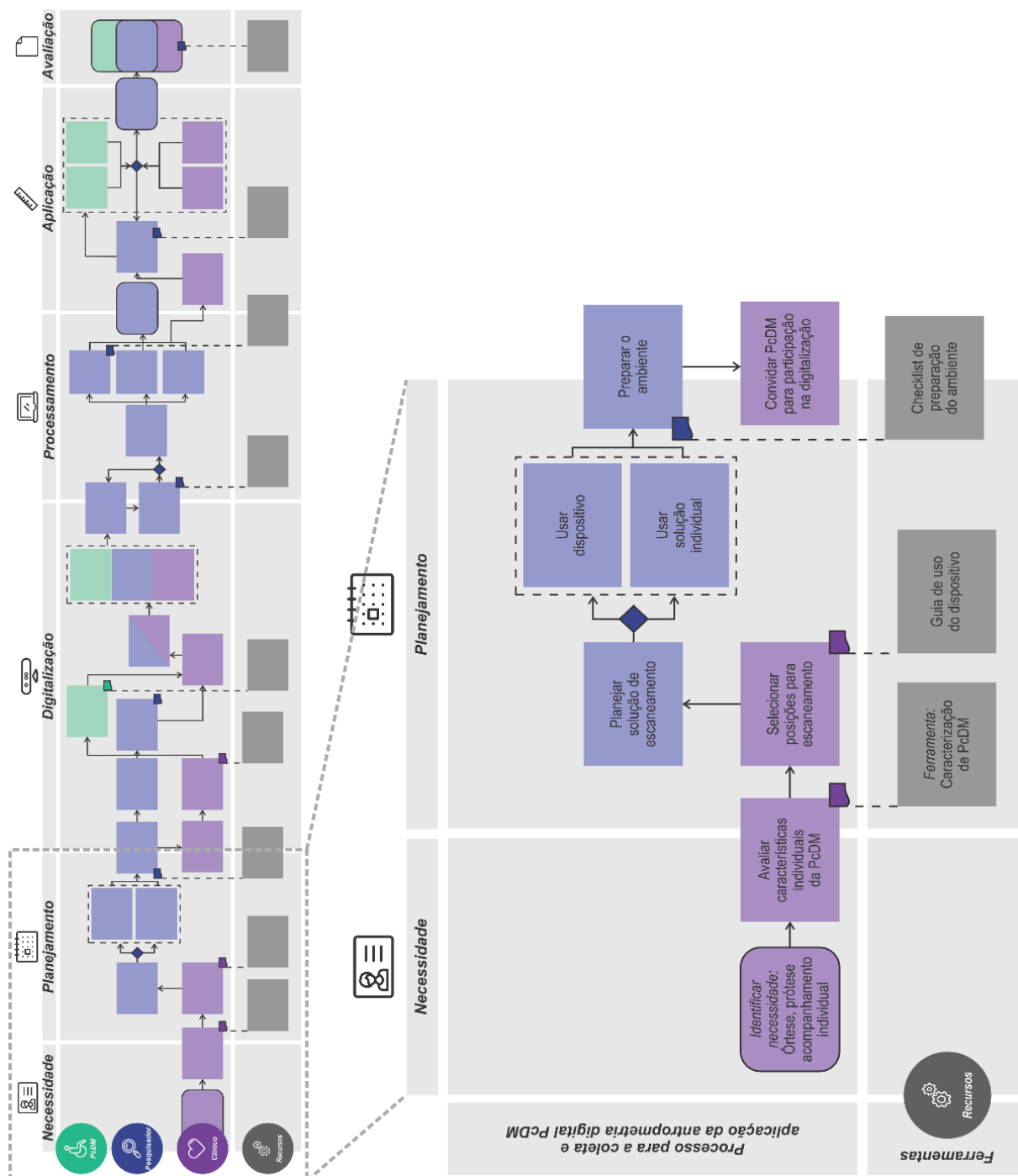


Para a utilização do sistema basta acompanhar as atividades indicadas pelos quadros das figuras preenchendo as ferramentas apresentadas na sequência. As cores dos quadros indicam os responsáveis por ministrar a atividade ou realizar a tarefa. Na ordenação do sistema **as pessoas com deficiência motora (PcDM)**, **são indicados em verde**, **os pesquisadores de antropometria digital são indicados em azul** e **os clínicos profissionais da área da saúde, são apresentados em roxo**. As ferramentas utilizadas são indicadas em cinza na última linha.

Todas as figuras do protocolo, Figuras C-2 a 5, têm a apresentação de todo o processo e uma vista ampliada da etapa. O protocolo tem início na primeira etapa, Figura C-2, quando é identificada a necessidade de desenvolvimento de TA.

PRIMEIRA VERSÃO DO SISTEMA DE VIABILIZAÇÃO DA ANTROPOMETRIA DIGITAL DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA MOTORA

FIGURA C-2: ETAPAS DE NECESSIDADE E PLANEJAMENTO



FONTE: A autora (2022).

Ferramenta de caracterização da PcDM

O objetivo dessa ferramenta é identificar necessidades particulares das pessoas com deficiência para a coleta de antropometria digital, bem como possíveis alterações e adições a serem feitas ao sistema dependendo da necessidade identificada, como por exemplo, a seleção de uma posição ou momento apropriado para a digitalização. A ferramenta se inicia com o preenchimento do Quadro C-2 usando os qualificadores do quadro C-1

QUADRO C-1: QUALIFICADORES PARA A CLASSIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE

Qualificador	Descrição do qualificador										
Extensão da deficiência e Extensão da dificuldade (Desempenho Restrição à Participação e Capacidade Limitação de Atividade)	0 Nenhuma deficiência/dificuldade significa que a pessoa não tem problema 1 Deficiência/dificuldade leve significa um problema que está presente menos que 25% do tempo, com uma intensidade que a pessoa pode tolerar e que ocorre raramente nos últimos 30 dias. 2 Deficiência/dificuldade moderada significa um problema que está presente em menos que 50% do tempo, com uma intensidade que interfere na vida diária da pessoa e que ocorre ocasionalmente nos últimos 30 dias 3 Deficiência/dificuldade grave significa um problema que está presente em mais que 50% do tempo, com uma intensidade que prejudica/rompe parcialmente a vida diária da pessoa e que ocorre frequentemente nos últimos 30 dias. 4 Deficiência/dificuldade completa significa um problema que está presente em mais que 95% do tempo, com uma intensidade que prejudica/rompe totalmente a vida diária da pessoa e que ocorre todos os dias nos últimos 30 dias. 8 Não especificado significa que a informação é insuficiente para especificar a gravidade da deficiência. 9 Não aplicável significa que é inapropriado aplicar um código particular										
Natureza da alteração	0 Nenhuma mudança na estrutura 1 Ausência total 2 Ausência parcial 3 Parte adicional 4 Dimensões aberrantes 5 Descontinuidade 6 Posição desviada 7 Mudanças qualitativas na estrutura, incluindo acúmulo de líquido 8 Não especificada 9 Não aplicável										
Qualificador no ambiente Barreiras ou facilitadores	<table> <tr> <td>0 NENHUMA barreira</td><td>0 NENHUM facilitador</td></tr> <tr> <td>1 Barreira LEVE</td><td>+1 Facilitador LEVE</td></tr> <tr> <td>2 Barreira MODERADA</td><td>+2 Facilitador MODERADO</td></tr> <tr> <td>3 Barreira GRAVE</td><td>+3 Facilitador CONSIDERÁVEL</td></tr> <tr> <td>4 Barreira COMPLETA</td><td>+4 Facilitador COMPLETO</td></tr> </table>	0 NENHUMA barreira	0 NENHUM facilitador	1 Barreira LEVE	+1 Facilitador LEVE	2 Barreira MODERADA	+2 Facilitador MODERADO	3 Barreira GRAVE	+3 Facilitador CONSIDERÁVEL	4 Barreira COMPLETA	+4 Facilitador COMPLETO
0 NENHUMA barreira	0 NENHUM facilitador										
1 Barreira LEVE	+1 Facilitador LEVE										
2 Barreira MODERADA	+2 Facilitador MODERADO										
3 Barreira GRAVE	+3 Facilitador CONSIDERÁVEL										
4 Barreira COMPLETA	+4 Facilitador COMPLETO										

FONTE: Modificado de OMS (2013).

Usando como referência os qualificadores descritos acima preencha a tabela da próxima página com as informações do participante.

QUADRO C-2: CLASSIFICAÇÃO CIF DO PARTICIPANTE		
<i>Códigos CIF</i>	<i>Preencher com Qualificador</i>	
PARTE 1a: DEFICIÊNCIAS DAS FUNÇÕES DO CORPO	Extensão da deficiência	
b1. FUNÇÕES MENTAIS		
b110 Consciência		
b114 Orientação (<i>tempo, lugar, pessoa</i>)		
b117 Funções intelectuais (<i>inclui retardo mental, demência</i>)		
b130 Funções da energia e de impulsos		
b134 Sono		
b140 Atenção		
b144 Memória		
b152 Funções emocionais		
b156 Funções da percepção		
b164 Funções cognitivas superiores		
b167 Funções mentais da linguagem		
b2. FUNÇÕES SENSORIAIS E DOR		
b210 Visão		
b230 Audição		
b235 Vestibular (<i>inclui funções de equilíbrio</i>)		
b280 Dor		
b4. FUNÇÕES DOS SISTEMAS CARDIOVASCULAR, HEMATOLOGICO, IMUNOLÓGICO E RESPIRATÓRIO		
b435 Funções do sistema imunológico (<i>alergias, hipersensibilidade</i>)		
b440 Funções do sistema respiratório (<i>respiração</i>)		
b7. FUNÇÕES NEUROMUSCULOESQUELÉTICAS E RELACIONADAS AO MOVIMENTO		
b710 Mobilidade das articulações		
b730 Força muscular		
b735 Tônus muscular		
b765 Movimentos involuntários		
PARTE 1b: DEFICIÊNCIAS DAS ESTRUTURAS DO CORPO	Extensão da deficiência	Natureza da alteração
s7. ESTRUTURAS RELACIONADAS AO MOVIMENTO		
s710 Região de cabeça e pescoço		
s720 Região de ombro		
s730 Extremidade superior (<i>braço, mão</i>)		
s740 Pelve		
s750 Extremidade inferior (<i>perna, pé</i>)		
s760 Tronco		
PARTE 2: LIMITAÇÕES DE ATIVIDADES E RESTRIÇÃO À PARTICIPAÇÃO	Desempenho Restrição à Participação	Capacidade Limitação de Atividade
d2. TAREFAS E DEMANDAS GERAIS		
d210 Realizar uma única tarefa		
d4. MOBILIDADE		
d440 Uso fino das mãos (<i>pegar, segurar</i>)		
d450 Andar		
d465 Deslocar-se utilizando algum tipo de equipamento		
PARTE 3: FATORES AMBIENTAIS	Qualificador no ambiente	
e1. PRODUTOS E TECNOLOGIA		
e110 Produtos ou substâncias para consumo pessoal (<i>comida, remédios</i>)		
e115 Produtos e tecnologia para uso pessoal na vida diária		
e120 Produtos e tecnologia para mobilidade e transporte pessoal em ambientes internos e externos		
e125 Produtos e tecnologia para comunicação		
FONTE: Modificado de OMS (2013).		
Em seguida verifique quais das classificações divergiram de 0 (zero) e consulte as recomendações do quadro abaixo.		

QUADRO C-3: RECOMENDAÇÕES DE ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE ACORDO COM AS NECESSIDADES PARTICULARES DO PARTICIPANTE

Códigos CIF	
PARTE 1a: DEFICIÊNCIAS DAS FUNÇÕES DO CORPO	Recomendações
b1. FUNÇÕES MENTAIS	
b110 Consciência	1 e 2 – Realizar a digitalização com o participante consciente. 3 e 4 – Requerer consentimento do cuidador para escaneamento.
b114 Orientação (<i>tempo, lugar, pessoa</i>)	1 e 2 – Realizar a digitalização com participante em momentos em que está orientado. 3 e 4 – Manter o participante calmo e requerer consentimento do cuidador para escaneamento.
b117 Funções intelectuais (<i>inclui retardo mental, demência</i>)	1 e 2 – Requerer consentimento do participante e identificar compreensão das atividades. 3 e 4 – Requerer consentimento do participante, e se presente do cuidador e identificar compreensão das atividades.
b130 Funções da energia e de impulsos	1 e 2 – Realizar a digitalização com participante em momentos em que está com energia. 3 e 4 – Requerer consentimento do participante, e se presente do cuidador e fornecer suportes para o participante.
b134 Sono	1 e 2 – Realizar a digitalização com participante em momentos em que está acordado. 3 e 4 – Requerer consentimento do participante, e se presente do cuidador e fornecer suportes para o participante.
b140 Atenção	1 e 2 – Realizar a digitalização com participante em momentos em que está atento. 3 e 4 – Manter o participante calmo e imóvel durante o escaneamento e requerer consentimento do participante ou do cuidador para escaneamento.
b144 Memória	1 a 4 – Reforçar a compreensão das atividades, fornecer guias visuais e repetir os comandos quantas vezes se fizer necessário.
b152 Funções emocionais	1 e 2 – Realizar a digitalização com participante em momentos em que está calmo. 3 e 4 – Não realizar escaneamento em momentos de crise.
b156 Funções da percepção	1 a 4 – Permitir acesso ao ambiente, dispositivos e equipamentos para aclimação do participante antes do escaneamento. Verificar quais fatores do ambiente, e dispositivo são potenciais geradores de dificuldade. Caso a dificuldade seja visual fornecer lentes escuras, caso seja auditiva fones de ouvido, caso seja sensorial alterar a temperatura do ambiente para que esteja agradável ao usuário, etc. 4 - Não realizar escaneamento caso os fatores sensoriais sejam incontornáveis.
b164 Funções cognitivas superiores	1 e 2 – Requerer consentimento do participante e identificar compreensão das atividades. 3 e 4 – Requerer consentimento do participante, e se presente do cuidador e identificar compreensão das atividades.
b167 Funções mentais da linguagem	1 e 2 – Requerer consentimento do participante utilizando seu modo preferível de comunicação, e identificar compreensão das atividades. 3 e 4 – Requerer consentimento do participante utilizando seu modo preferível de comunicação e se presente do cuidador e identificar compreensão das atividades. 1 a 4 - Se for necessário, fornecer intérpretes.
b2. FUNÇÕES SENSORIAIS E DOR	
b210 Visão	1 a 4 – Fornecer acesso ao dispositivo para que o explore por toque antes do escaneamento. Fornecer descrição auditiva das atividades, posições e durante o escaneamento.
b230 Audição	1 a 4 – Fornecer descrição visual das atividades, posições e durante o escaneamento. Se possível fornecer tradutor.
b235 Vestibular (<i>inclui funções de equilíbrio</i>)	1 a 4 – Fornecer suporte para todas as partes do corpo. Não realizar escaneamento em momentos de crise.
b280 Dor	1 e 2 – Realizar a digitalização quanto o participante estiver sem dor. 3 e 4 – Não realizar escaneamento em momentos de crise.

b4. FUNÇÕES DOS SISTEMAS CARDIOVASCULAR, HEMATOLÓGICO, IMUNOLÓGICO E RESPIRATÓRIO

b435 Funções do sistema imunológico (*alergias, hipersensibilidade*)

1 e 2 – Realizar a digitalização do participante em momentos em que as dificuldades estão sob controle.
3 e 4 – Não realizar escaneamento em momentos de crise.

b440 Funções do sistema respiratório (*respiração*)

1 e 2 – Realizar a digitalização do participante em momentos em que as dificuldades estão sob controle.
3 e 4 – Não realizar escaneamento em momentos de crise.

b7. FUNÇÕES NEUROMUSCULOESQUELÉTICAS E RELACIONADAS AO MOVIMENTO

b710 Mobilidade das articulações

1 e 2 – Permitir alterações nas posições desde que não alterem a capacidade de escaneamento.

3 e 4 – Permitir alterações nas posições desde que não alterem a capacidade de escaneamento. Caso não seja possível o escaneamento, da parte requerida, não realizar escaneamento.

b730 Força muscular

1 e 2 – Realizar a digitalização do participante em momentos em que possui força muscular. Não requisitar força do participante.

3 e 4 – Fornecer apoio para os membros e faixas de segurança. Não requisitar força do participante.

* Auxiliar na transferência.

b735 Tônus muscular

1 e 2 – Realizar a digitalização do participante em momentos em que possui força muscular. Não requisitar força do participante.

3 e 4 – Fornecer apoio para os membros e faixas de segurança. Não requisitar força do participante.

* Auxiliar na transferência.

b765 Movimentos involuntários

1 e 2 – Realizar a digitalização do participante em momentos em que tem controle de movimento.

3 e 4 – Fornecer faixas para fixação dos membros sem controle.

PARTE 1b: DEFICIÊNCIAS DAS ESTRUTURAS DO CORPO
Recomendações
s7. ESTRUTURAS RELACIONADAS AO MOVIMENTO

s710 Região de cabeça e pescoço

1 e 2 – Realizar a digitalização do participante tal como se apresenta.

3 e 4 – Fornecer faixas para fixação e estabilização da cabeça.

3 e 4 – Não limitar o espaço fornecido para a cabeça.
6 – Fixar a cabeça na posição mais natural ao participante.

s720 Região de ombro

1 e 2 – Realizar a digitalização do participante tal como se apresenta.

3 e 4 – Fornecer faixas para fixação e estabilização do ombro.

1 e 2 – Auxiliar no equilíbrio do participante.
3 a 6 – Fixar o ombro na posição mais aproximada possível da requerida.

s730 Extremidade superior (*braço, mão*)

1 e 2 – Realizar a digitalização do participante tal como se apresenta.

3 e 4 – Fornecer faixas para fixação e estabilização dos membros superiores.

1 e 2 – Auxiliar no equilíbrio do participante.
3 a 6 – Fixar os membros superiores na posição mais aproximada possível da requerida.

s740 Pelve

1 e 2 – Realizar a digitalização do participante tal como se apresenta.

3 e 4 – Fornecer faixas para fixação e estabilização da pelve.

3 a 6 – Fixar a pelve na posição mais aproximada possível da requerida.

s750 Extremidade inferior (*perna, pé*)

1 e 2 – Realizar a digitalização do participante tal como se apresenta.

3 e 4 – Fornecer faixas para fixação e estabilização da perna/pé.

1 e 2 – Auxiliar no equilíbrio do participante.
3 a 6 – Fixar a perna/pé na posição mais aproximada possível da requerida.

s760 Tronco

1 e 2 – Realizar a digitalização do participante tal como se apresenta.

3 e 4 – Fornecer faixas para fixação e estabilização do tronco.

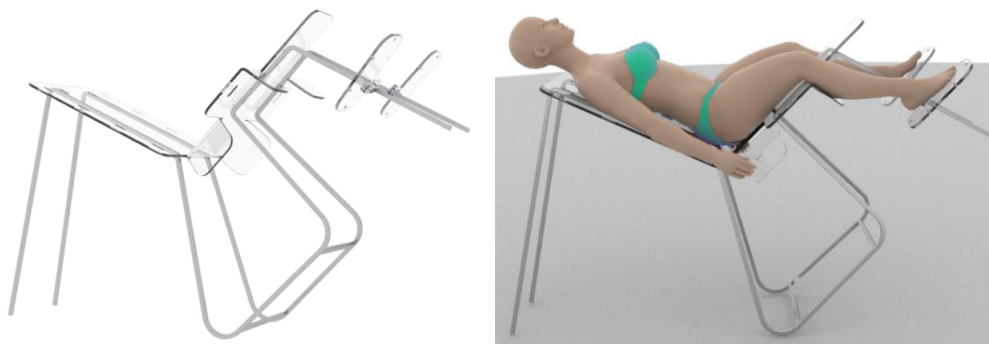
3 a 6 – Fixar o tronco na posição mais aproximada possível da requerida.

PARTE 2: LIMITAÇÕES DE ATIVIDADES E RESTRIÇÃO À PARTICIPAÇÃO	Recomendações
d2. TAREFAS E DEMANDAS GERAIS	
d210 Realizar uma única tarefa	1 e 4 – Verificar capacidade de realizar a atividade específica. Alterar a atividade de acordo com a capacidade individual.
d4. MOBILIDADE	
d440 Uso fino das mãos (<i>pegar, segurar</i>)	1 e 2 – Fornecer espaços amplos para o participante segurar. 3 e 4 – Utilizar faixas para fixação do participante.
d450 Andar	1 e 2 – Diminuir distância entre o participante e o dispositivo. 3 e 4 – Permitir acesso ao dispositivo por meio de cadeira de rodas. Realizar o transporte e a transferências do participante.
d465 Deslocar-se utilizando algum tipo de equipamento	1 e 2 – Permitir acesso ao dispositivo por cadeira de rodas / bengalas. 3 e 4 – Realizar o transporte e a transferência do participante.
PARTE 3: FATORES AMBIENTAIS	Recomendações
e1. PRODUTOS E TECNOLOGIA	
e110 Produtos ou substâncias para consumo pessoal (<i>comida, remédios</i>)	1 a 4 – agendar o escaneamento com maior distância possível de barreiras relacionadas com alimentação (exemplo: agitado quando está com fome - agendar a digitalização após alimentação) +1 à +4 – Se remédios diminuem sintomas que afetam a qualidade do escaneamento como por exemplo movimentações involuntárias agendar o escaneamento no momento de seu melhor funcionamento.
e115 Produtos e tecnologia para uso pessoal na vida diária	+1 à +4 – Apenas retirar a TA do participante quando o participante já estiver posicionado (facilitar o acesso à TA e não a retirar do ambiente).
e120 Produtos e tecnologia para mobilidade e transporte pessoal em ambientes internos e externos	+1 à +4 – Apenas retirar a TA do participante quando o participante já estiver posicionado (facilitar o acesso à TA e não a retirar do ambiente).
e125 Produtos e tecnologia para comunicação	+1 à +4 – Apenas retirar a TA do participante quando o participante já estiver posicionado (facilitar o acesso à TA e não a retirar do ambiente).

FONTE: Modificado de OMS (2013).

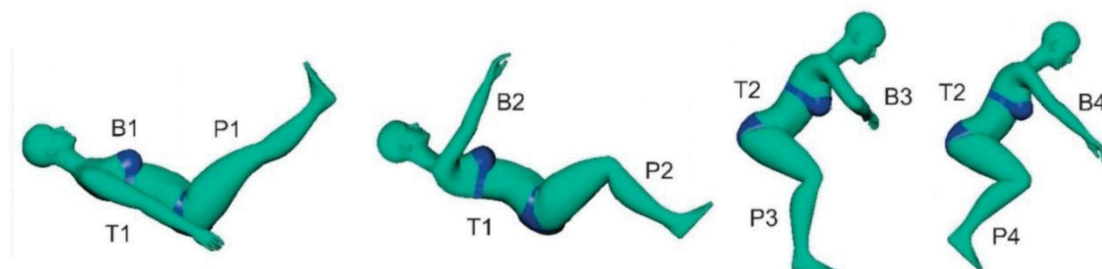
Deve-se considerar também que o bem-estar e atenção às capacidades dos participantes é mais importante do que atingir as posições predeterminadas e que, em alguns casos particulares, a digitalização pode não poder ser realizada, devendo-se utilizar outros métodos como os de antropometria tradicional ou coleta indireta da geometria.

Guia de uso do dispositivo ortoposicionador



1. Posições que podem ser adotadas com o dispositivo.

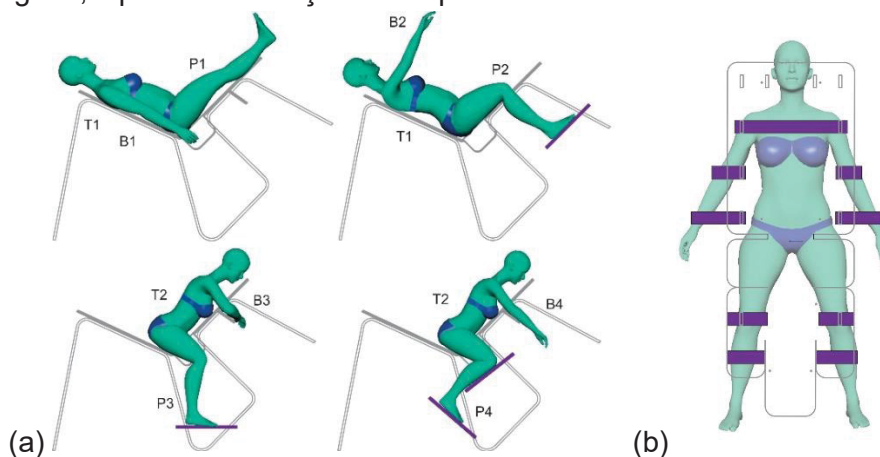
Considerando os apoios, com o dispositivo é possível a realização de quatro posições de membros superiores (B1 à B4), quatro posições de membros inferiores e duas posições de tronco (T1 e T2).



Cada uma das posições pode ser realizada simetricamente, com os dois membros realizando a mesma posição ou assimetricamente, com cada membro realizando uma das posições de membros superiores e inferiores. Com os recortes do dispositivo é possível garantir o espaçamento dos membros mesmo quando apoiados. Outras variações de postura também são possíveis, como membros superiores afastados ao lado e membros inferiores em diferentes angulações dependendo das capacidades do participante e objetivos da digitalização. O primeiro passo para o uso do dispositivo é a seleção das posturas que serão adotadas.

2. Suportes necessários e auxiliares para cada posição.

Para as posições descritas são fornecidos suportes reposicionáveis para cada posição (a) e ainda, no geral, é possível a fixação do corpo inteiro utilizando faixas assim como em (b).



3. Etapas de transferência do paciente para o dispositivo.

As principais etapas da transferência podem ser visualizadas no vídeo: <https://youtu.be/jS2DmgBsO7w>.

De maneira a simplificar o processo de transferência da pessoa para o dispositivo, este possibilita uma posição em que o assento fica na altura ideal para transferência. Assim o participante pode transferir-se com ou sem auxílio e colocar-se na posição supina com as costas e inferior das coxas encostados ao assento, em seguida o dispositivo pode ser retornado à posição neutra e feita a digitalização. Ao rotacionar o dispositivo para a posição de escaneamento é preciso que o participante esteja devidamente apoiado sendo mais segura a movimentação do produto. Caso seja necessária a posição prona, é possível deslocar os membros inferiores do participante para os recortes laterais do dispositivo e rotacionar frontalmente o corpo para que fique na posição prona.

Principalmente as etapas de transferência para o dispositivo e de transição da pose supina para a prona precisam ser realizadas com auxílio principalmente para participantes sem nenhum tipo de controle nos membros inferiores. A transição da cadeira para o dispositivo pode ser um ponto de insegurança e mesmo sem ajuda direta é preciso que alguém esteja do outro lado do dispositivo para que haja maior sensação de segurança visto que é aplicada uma força em apenas um dos lados e é preciso que haja um contrapeso do outro.

Para a retirada ou saída do participante do dispositivo este deve realizar os passos apresentados na ordem inversa. Esse processo de transferência e de adoção das posturas deve ser demonstrado para os participantes previamente à sua utilização.

4. Etapas de posicionamento do participante para a digitalização.

Após a transferência do participante para o dispositivo devem ser ajustadas as alturas dos suportes bem como colocadas as faixas pré-selecionadas no terceiro item. A ordem de colocação dos suportes (caso e apenas quais sejam necessários) deve se iniciar com os suportes de posicionamento, e em seguida colocação de faixas iniciando com as pernas, quadril, tronco, braços e só então a cabeça caso seja necessário e na hora exata da digitalização. O participante deve ficar o menor tempo possível com os movimentos restritos e poder se comunicar durante o escaneamento.

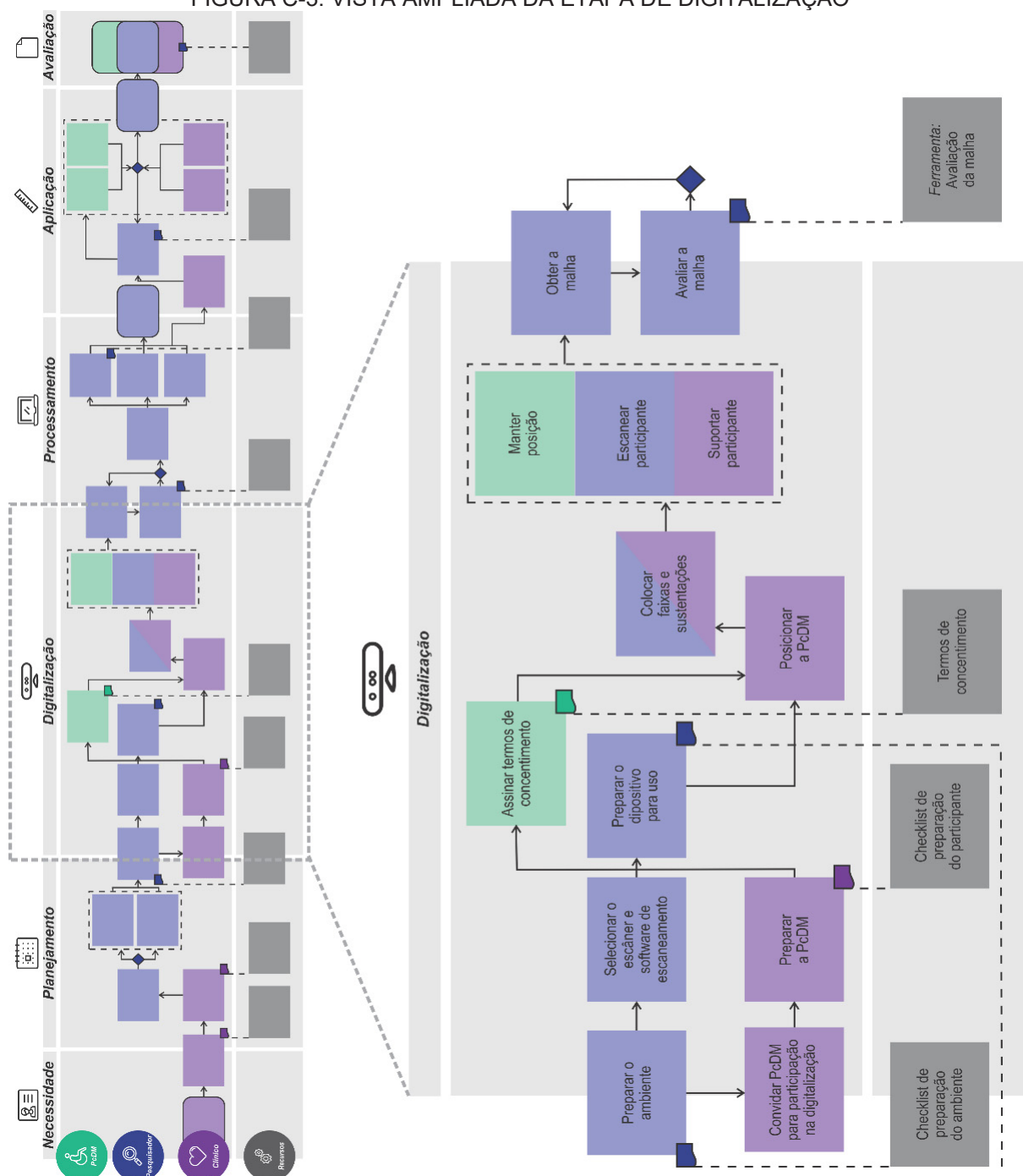
5. Recomendações de limpeza e manutenção do dispositivo

Antes da transferência da pessoa para o dispositivo ele deve ser higienizado nas superfícies de contato com o participante e ao final de cada digitalização deve ser feita a higienização completa do dispositivo utilizando produto de limpeza apropriado, desinfetante sem base de álcool ou acetona, e dando especial atenção para as partes que ficam em contato com os participantes. Além disso, o uso de limpa-vidros pode ser feito caso a transparência do material esteja prejudicada.

Para a manutenção deve ser feita a verificação de todos os componentes bem como da estabilidade do dispositivo. Caso seja encontrada alguma divergência estrutural pode ser feita a desmontagem para a troca de componentes.

A etapa de Digitalização, Figura C-3, possui duas particularidades, a primeira é a interação com o dispositivo, e a segunda a identificação de ambiente particular e específico, com pré-requisitos para realização da digitalização.

FIGURA C-3: VISTA AMPLIADA DA ETAPA DE DIGITALIZAÇÃO



FONTE: A autora (2022).

Checklist de preparação do ambiente

<i>Elementos</i>	<i>Componente</i>	<i>Checklist</i>
<i>Ambiente</i>	Maior que 9 m ²	☐
	Iluminação artificial uniforme (inclusive de “baixo para cima”)	☐
	Temperatura controlada	☐
	Ambiente privado (para troca de roupas)	☐
	Acesso a tomadas	☐
	Permissão de utilização do ambiente	☐
	Segurança dos equipamentos	☐
<i>Acessibilidade</i>	Permite acesso com cadeira de rodas	☐
	Tem acesso à banheiro acessível	☐
	Acesso fácil ao local de escaneamento	☐
<i>Hardware</i>	Computador/notebook	☐
	Escâner	- Equipamento - Adaptador para o computador
	Dispositivo	- Dispositivo
		- Faixas
		- Suportes extras
<i>Materiais</i>	Material de limpeza	- Desinfetante
		- Limpa vidros
		- Flanelas
	Materiais impressos	- Protocolo
		- Termos
<i>Software</i>	Material para anotações	☐
	Câmera fotográfica/filmadora	☐
	Software de escaneamento	☐
	Software de tratamento de malha	☐

Checklist de preparação do participante

<i>Elementos</i>	<i>Componente</i>	<i>Checklist</i>
<i>Físicos</i>	Cabelos compridos amarrados acima dos ombros (coque)	☐
	Roupas ajustadas ao corpo	☐
	Sem sapatos ou meias	☐
	Sem cremes/hidratantes na pele antes do escaneamento	☐
	Sem uso de órteses	☐
	Presença de equipamento para transferências	☐
	Com os marcadores físicos colocados (<i>landmarks</i>)	☐
<i>Mentais</i>	Recebeu instruções de preparação	☐
	Consentimento de participação verbal e escrito	☐
	Atestado verbal de saúde	☐

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Nós, _____, estamos convidando você, a participar de um estudo intitulado “_____”. O escâner tridimensional é um equipamento simples que permite a gravação de imagem 3D do corpo sem contato físico. Assim como podemos fazer um filme que gera uma imagem 2D, e o escâner tridimensional gera uma imagem 3D. O escâner usado nesta pesquisa, é o _____ e ele é completamente seguro. O resultado é um modelo seu em 3D que pode ser visualizado no computador. A gravação da imagem 3D é realizada apontando o escâner para você (assim como uma filmadora) mantendo uma distância de ____ cm, e você não precisa fazer nada apenas ficar parado(a) pelo tempo da gravação (máximo ____ minutos).

- a) O objetivo desta pesquisa é _____.
- b) Caso você participe da pesquisa, você participará de uma breve entrevista para determinação de objetivos da gravação da imagem 3D, posicionamento na cadeira, e gravação da sua imagem 3D.
- c) Para tanto você deverá estar presente _____, portando roupas _____ para que seja entrevistado(a) e gravado(a), o que levará aproximadamente ____ minutos.
- d) É possível que você experimente algum desconforto, principalmente físico relacionado ao posicionamento na cadeira e constrangimento nas respostas do questionário.
- e) Alguns riscos relacionados ao estudo podem ser o constrangimento nas respostas dos questionários e queda no processo de transferência para a cadeira transparente, para minimizar esses riscos estará presente profissional para auxílio na transferência.
- f) Os benefícios esperados com essa pesquisa são a inclusão e o acesso das pessoas com deficiência motora, pesquisadores e desenvolvedores de produtos para esse público à tecnologia de gravação de imagem 3D para que possa ser usada para o desenvolvimento de produtos como equipamentos de tecnologia assistiva, roupas e outros produtos perfeitamente adequados às medidas e necessidades das pessoas com deficiência motora.
- g) As/os pesquisadoras/es responsáveis por este estudo poderão ser localizados _____ para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.
- h) A sua participação neste estudo é voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado.
- i) As informações completas relacionadas ao estudo podem ser conhecidas apenas pela equipe de pesquisa. Se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito de forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida sua confidencialidade.
- j) O material obtido, imagens e vídeos, será utilizado unicamente para essa pesquisa e será deletado ao término do estudo, dentro de dois anos.
- k) As despesas necessárias para a realização da pesquisa não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela sua participação.
- l) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.
- m) Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética _____.

Eu, _____ li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

_____, ____ de _____ de _____

[Assinatura do Participante de Pesquisa ou Responsável Legal]

[Assinatura do Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE]

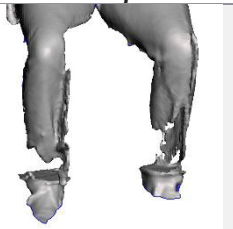
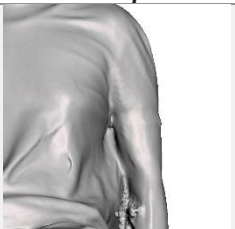
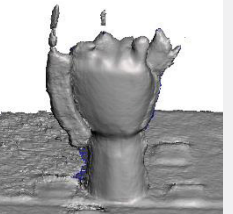
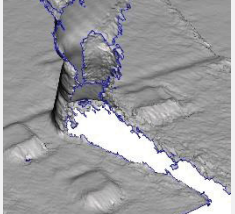
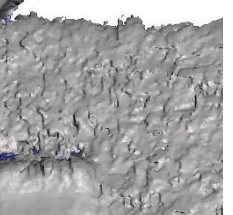
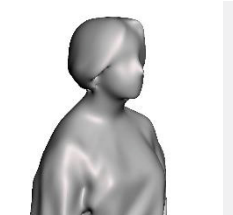
Nome:

Ferramenta de avaliação da qualidade da malha

A ferramenta é um cálculo que determina uma nota de 0 (zero) à 100 (cem) para a qualidade da malha e se esta deve ser refeita ou se pode ser utilizada para retirada de medidas e antropometria digital.

A fórmula do cálculo é variável e é definida antes da realização do experimento a partir dos possíveis erros que podem ser encontrados na malha, Quadro C - 4, e para cada um desses erros é adicionado um peso relativo a importância e a dificuldade de tratamento desses erros no pós-processamento.

QUADRO C-4: POSSÍVEIS FALHAS ENCONTRADAS NA MALHA

<i>Falha</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>	<i>Falha</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>
<i>Calibração</i>	Falhas com a calibração quando se utiliza mais de um escâner.		<i>Fusão de geometria</i>	Agrupamento e ligação de partes separadas devido à proximidade.	
<i>Limitações de software e hardware</i>	Falhas devido a configuração experimental (tamanho e distância).		<i>Movimentação</i>	Falhas de movimentação durante o escaneamento.	
<i>Objetos estranhos</i>	Geração de objetos no entorno da malha escaneada, geometrias falsas.		<i>Oclusão</i>	Aberturas na malha gerados a partir de sombras ou falta de alcance do escâner.	
<i>Qualidade superficial</i>	Saliências e triângulos em partes que são consideradas lisas.		<i>Reconstrução (Erros de costura)</i>	Falha no encontro e fechamento da malha conhecidos como erros de costura.	
<i>Simplificação</i>	Alisamento excessivo da malha sem consideração pela deformação dimensional.		<i>Baixa precisão</i>	Comparação entre as medidas obtidas no escâner e outro meio	
			<i>Perda de malha</i>	Falhas relacionados ao software, salvamento e dados corrompidos.	

Para a aplicação da ferramenta, deve-se seguir o passo a passo delineado na próxima página.

1. Listagem de erros possíveis encontrados no escaneamento (considerando a participação de seres humanos, existência ou não de calibração, etc.). Esses erros podem ser todos ou apenas alguns dos erros indicados no Quadro.

Exemplo:

- Calibração; Costura; Buracos / oclusão; Objetos estranhos; Movimento; Limitações do equipamento; e Saliências.

2. Atribuição de pesos para cada um desses erros. Esses pesos são relativos ao experimento sendo realizado e à dificuldade e influência negativa que possuem para o resultado final objetivado;

Exemplo:

Em uma escala de 1 à 5:

- Calibração: peso 5; Costura: peso 1; Buracos: peso 3; Objetos: peso 1; Movimento: peso 4; Limitações: peso 5; e Saliências: peso 2.

3. Determinação de escala para avaliação dos erros gerados e nota numérica referente à escala, por exemplo escala nominal: muito bom, bom, médio, ruim e muito ruim; numérica: 0 a 5; ou por quantidade de erros como por exemplo 0-2, 2-4, 4-6 e 6+, para todos os casos os valores numéricos maiores significam notas piores, ou seja, mais falhas;

Exemplo:

- notas entre 0 (nenhum erro), 1 (poucos erros) a 5 (muitos erros).

4. Aplicação dos elementos na fórmula (Eq. A - 1.):

$$\frac{\left(\left[(ME \times P1) + (ME \times P2) + (ME \times Pn) \right] - \left[(E1 \times P1) + (E2 \times P2) + (En \times Pn) \right] \times 100 \right)}{(ME \times P1) + (ME \times P2) + (ME \times Pn))} \quad (A - 1)$$

Onde:

E = erro

P = peso atribuído ao erro

ME – nota máxima possível de atribuir aos erros

Exemplo:

$$\frac{\left(\left[105 - (Calibração \times 5) + (Costura \times 1) + (Buracos \times 3) + (Objetos \times 1) + (Movimento \times 4) + (Limitações \times 5) + (Saliências \times 2) \right] \right) \times 100}{105} \quad (A - 2)$$

5. Determinação de linha de corte ou descarte, ou seja, nota mínima para determinação de uso da malha no estudo;

Exemplo:

- Abaixo de 40 – descarte; Acima de 80 – ótima.

6. Efetiva avaliação da malha, com a realização do cálculo;

Exemplo:

- Calibração: nota 5; Costura: nota 2; Buracos / oclusão: nota 5; Objetos estranhos: nota 1; Movimento: nota 3; Limitações do equipamento: nota 5; Saliências: nota 5

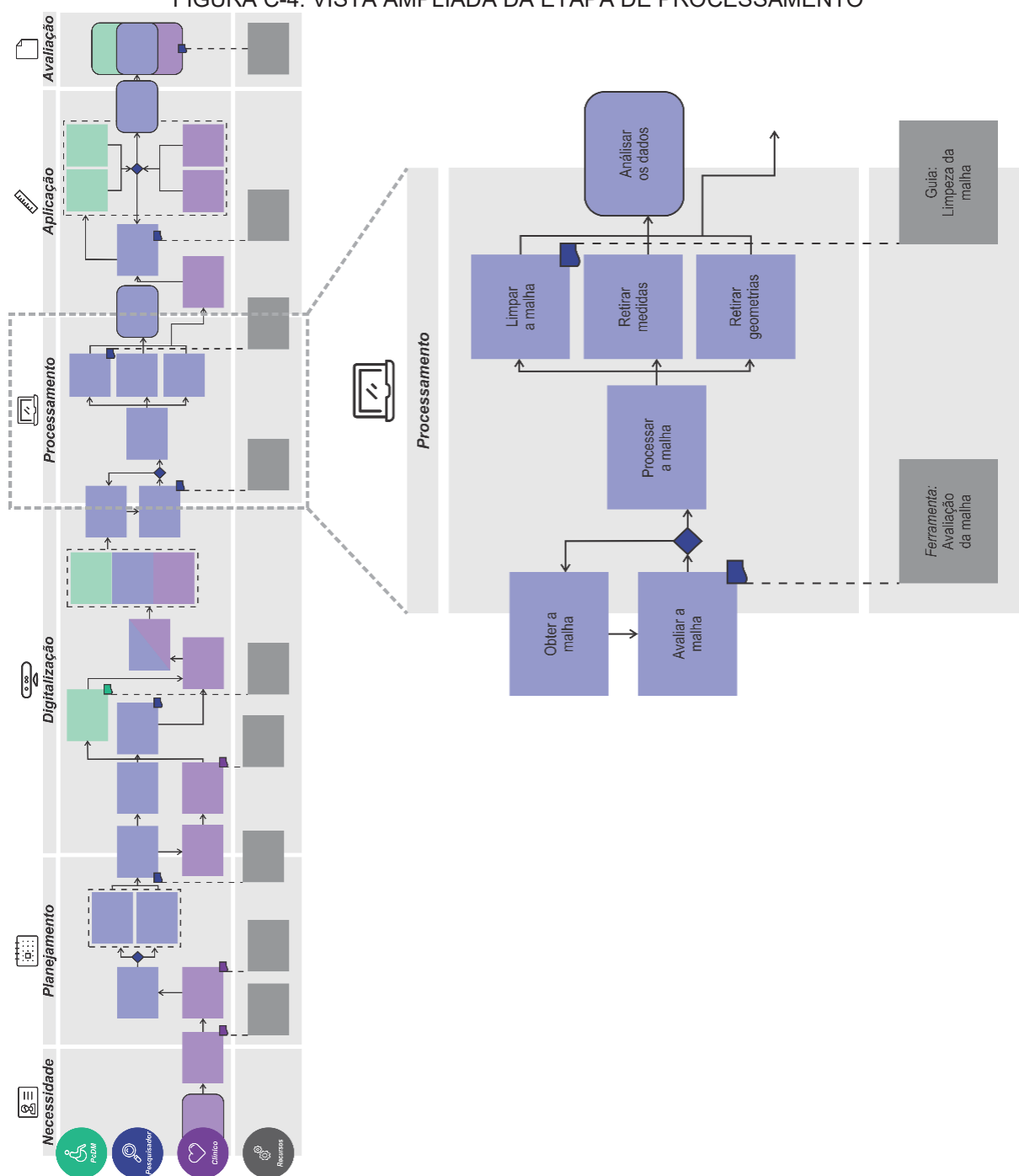
Resultado: 14

7. Decisão acerca da malha.

Exemplo:

- Descarte

FIGURA C-4: VISTA AMPLIADA DA ETAPA DE PROCESSAMENTO



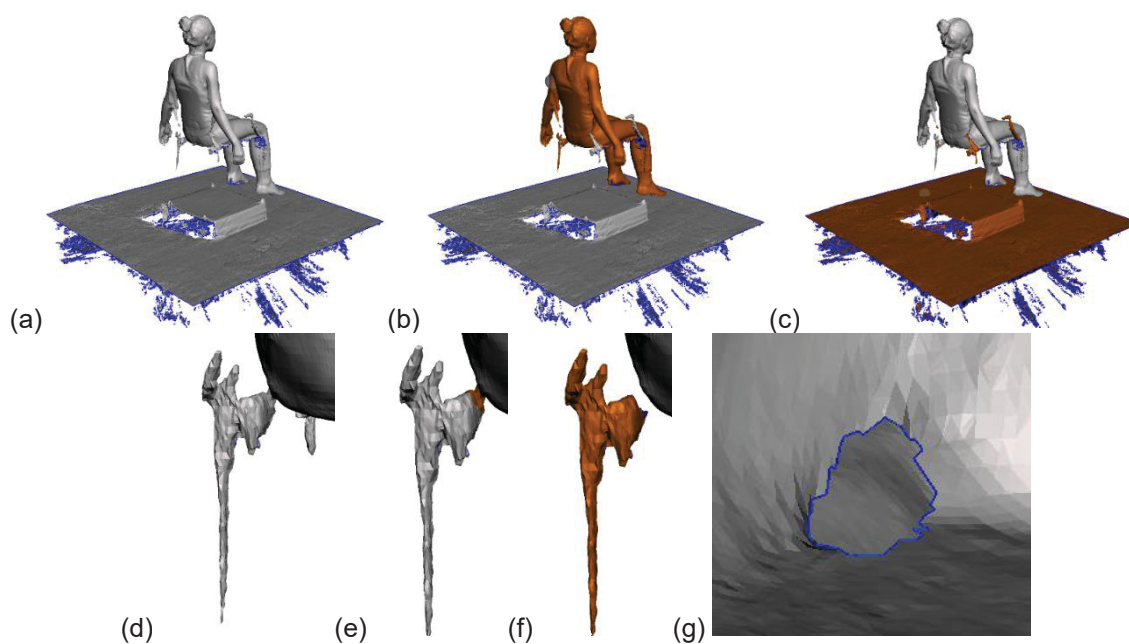
FONTE: A autora (2022).

Guia básico de correção da malha escaneada

Cabe ressaltar que existem outros métodos de correção da malha e transformação em produto adaptado ao corpo que podem ser usados em lugar do que está aqui apresentado, como o método de Weigert (2017). No entanto opta-se por apresentar um aqui um guia simplificado de modo a indicar para os pesquisadores utilizadores do protocolo os passos básicos e mínimos de correção da malha que precisam ser realizados. Para casos omissos sugere-se que utilizem guias mais completos como o supra citado.

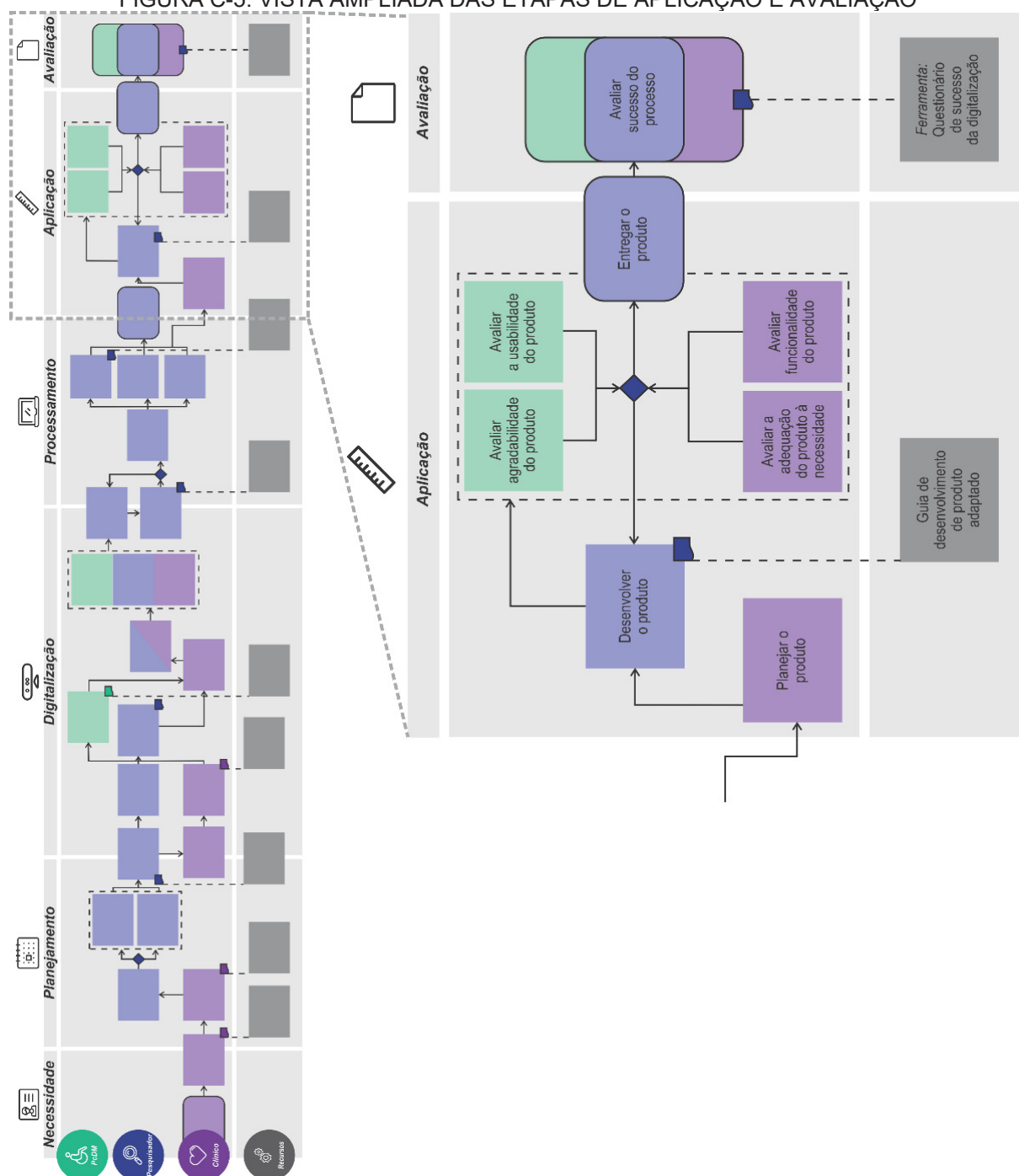
Em primeiro lugar é preciso abrir a malha no programa e realizar sua limpeza. Isso é feito clicando em “*File > open*” ou teclando “*ctrl + o*”. Em seguida é preciso verificar se há objetos soltos na malha principal que podem ser facilmente excluídos (a). Utilizando a ferramenta “*Select*” basta clicar duas vezes na malha principal para que ela seja toda selecionada (b) e teclar na letra “*i*” invertendo a seleção (c) e com essa inversão apertar a tecla “*delete*”.

O próximo passo é excluir objetos conectados à malha que não deveriam estar conectados a ela (d). Para tanto basta utilizar a ferramenta de seleção diminuir seu tamanho selecionar os pontos de conexão entre esses objetos estranhos (e) e deletá-los usando a tecla “*delete*”. Em seguida basta repetir o processo Inicial novamente de selecionar a malha principal, inverter a seleção (f) e excluir o que foi selecionado.



O resultado dessa correção inicial são pequenas aberturas (g) que podem então ser fechadas usando uma ferramenta automática do programa. Para isso é preciso clicar na ferramenta “*Analysis > inspector > smooth fill > auto repair all*” (ferramenta de reparação automática). As demais saliências que não puderem ser concertadas dessa maneira podem ser mitigadas com a utilização da ferramenta “*Sculpt*” (esculpir) onde pode-se alisar ou amenizar geometrias com falha. Essa ferramenta deve ser usada com parcimônia para não deformar e modificar as dimensões da malha. Feito isso a malha está corrigida e pode ser utilizada para fazer desenvolvimento de produto.

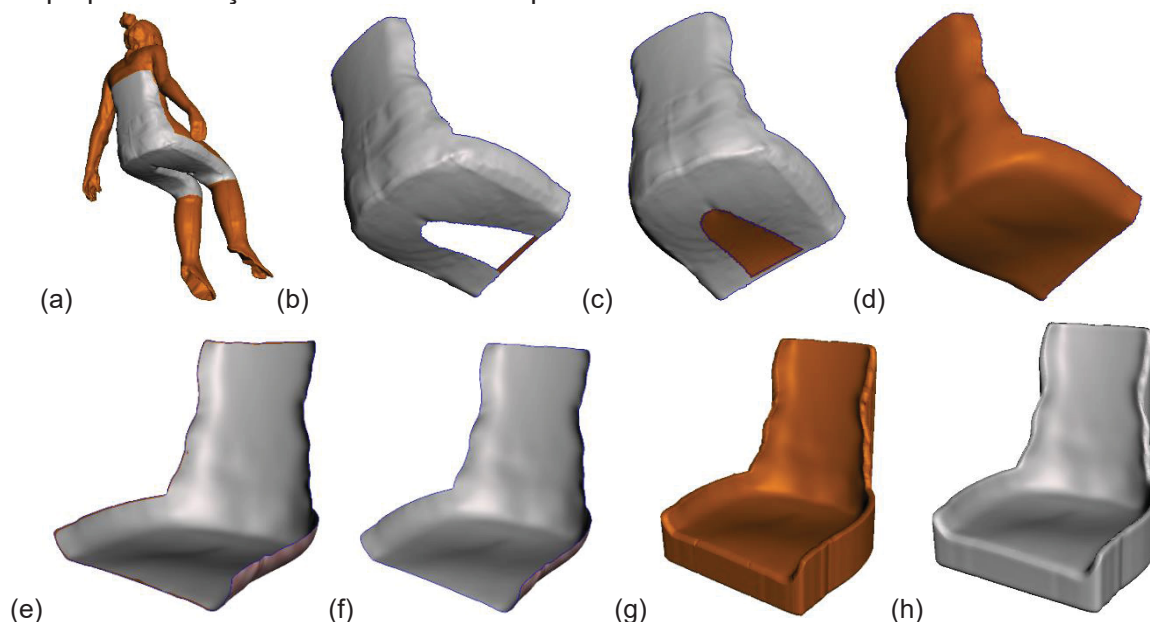
FIGURA C-5: VISTA AMPLIADA DAS ETAPAS DE APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO



FONTE: A Autora (2022).

Guia básico de desenvolvimento de produto adaptado

Com a geometria corrigida, pode-se partir para o desenvolvimento do produto que consiste em seu recorte, alisamento, criação de espessuras e alterações para a geração de produtos ajustados ao corpo. Neste exemplo é utilizada a geometria da parte posterior do corpo para a criação de um assento adaptado.



Inicialmente é feita a seleção e separação (a) do corpo da geometria a qual pretende-se utilizar para o desenvolvimento do produto. Essa geometria é selecionada usando a ferramenta “*Select*”, e as partes que não serão utilizadas podem ser deletadas com a tecla “*delete*”. A geometria pode então ser manipulada para que seja feito o fechamento de aberturas e outras falhas que apareçam. Para o exemplo uniram-se as pontas da abertura gerada pela parte interna das coxas com a ferramenta “*Join*”, teclando a letra “*j*” (b) e em seguida foi preenchida a abertura com a seleção da borda clicando duas vezes na borda com a ferramenta “*Select*”, e feito o fechamento com a ferramenta “*Erase & fill*”, teclando a letra “*f*” (c). Em seguida a geometria pode ser levemente alisada utilizando a ferramenta “*Smooth*” teclando “*ctrl + f*” (d).

A próxima etapa é o espessamento para isso faz-se a inversão das normais, “*Edit > Flip normals*”, porque é necessário utilizar o “lado negativo” da geometria para realizar o espessamento (e). Isso se dá pelo fato de que se for feito o espessamento na direção da parte de contato com usuário a geometria ficará menor do que a necessária. Em seguida a malha precisa ser redistribuída para que seja mais fácil o espessamento, isso pode ser feito com a ferramenta “*Remesh*”, teclando a letra “*r*”. Após a redistribuição parte-se para a etapa de suavização das bordas (f) de maneira automática utilizando “*Smooth boundary*”, teclando a letra “*b*”, ou usando a ferramenta manual de escultura. Por fim é feito o espessamento da geometria (g) usando a ferramenta de extrusão “*Extrude*”, teclando a letra “*d*”. No caso da figura a geometria foi extrudada para traz, dando espessura ao encosto, e para baixo, espessando o assento, finalizando em um plano reto que ficaria em contato o plano da cadeira de rodas. Finalmente é feita a suavização de todo o conjunto (h) para que possa ser mais agradável ao toque.

Essa geometria obtida pode ser disponibilizada para corte por uma máquina CNC em espuma ou para a construção de um molde em material plástico, ou até mesmo impressa em uma impressora 3D.

Questionário de avaliação do sucesso do sistema.

	Questões	Resposta*	Comentários
Capacidade de participação	O participante consegue ser escaneado?		
	A alteração feita para o participante conseguir ser escaneado estava prevista pelo sistema?		
	O motivo pelo qual o participante não conseguiu ser escaneado estava previsto?		
	O participante conseguiu atingir as posições requeridas?		
	As posições foram suficientes para a necessidade da coleta?		
	Se não foi possível atingir as posições padronizadas, a posição alternativa digitalizada foi possível de ser utilizada?		
	O participante estava confortável?		
	Houve desistência durante o escaneamento?		
Sucesso do escaneamento	Houve confusão no momento de digitalização, por parte dos operadores ou participantes?		
	O escaneamento gerou malha 3D?		
	Foram gerados erros na malha? Quais? (calibração, costura, aberturas, objetos estranhos, movimentação, limitações do equipamento, saliências, fusões, etc.)		
	Os erros gerados na malha puderam ser consertados?		
	Houve necessidade de refazer o escaneamento?		
	A nova malha gerada está adequada para uso?		
Utilização da malha	A malha gerada pôde ser utilizada para obtenção de medidas?		
	A malha pode ser usada para desenvolvimento do produto?		
	Foi possível gerar um resultado tangível para entrega ao participante/avaliação do profissional da saúde?		
	A malha pode ser arquivada?		
	A malha pode ser reutilizada?		

* Responda com sim, não, não se aplica ou a descrição da resposta.

APÊNDICE D – RELATÓRIO ADap – PROTOTIPAGEM



Antropometria digital adaptada para
pessoas com deficiência motora



Relatório de antropometria digital

Identificação	Nome	
	Idade	44
	Deficiência	Síndrome pós-póliomelite
	Necessidade identificada	Adaptação do assento da CR e do barco
	Identificação do clínico responsável	
	Identificação do técnico responsável	
	Termos de consentimento	Termos assinados
Data e hora de realização	Data	2022-02-22
	Hora	09:40
Códigos CIF:	b144.	1 Deficiência/dificuldade leve significa um problema que está presente menos que 25% do tempo, com uma intensidade que a pessoa pode tolerar e que ocorre raramente nos últimos 30 dias.
	b235.	9 Não aplicável significa que é inadequado aplicar um código particular
	b710.	3 Deficiência/dificuldade grave significa um problema que está presente em mais que 50% do tempo, com uma intensidade que prejudica/rompe parcialmente a vida diária da pessoa e que ocorre frequentemente nos últimos 30 dias.
	b730.	3 Deficiência/dificuldade grave significa um problema que está presente em mais que 50% do tempo, com uma intensidade que prejudica/rompe parcialmente a vida diária da pessoa e que ocorre frequentemente nos últimos 30 dias.
	b735.	3 Deficiência/dificuldade grave significa um problema que está presente em mais que 50% do tempo, com uma intensidade que prejudica/rompe parcialmente a vida diária da pessoa e que ocorre frequentemente nos últimos 30 dias.
	b765.	1 Deficiência/dificuldade leve significa um problema que está presente menos que 25% do tempo, com uma intensidade que a pessoa pode tolerar e que ocorre raramente nos últimos 30 dias.

**Classificação da
PcDM**

s720.	1 Deficiência/dificuldade leve significa um problema que está presente menos que 25% do tempo, com uma intensidade que a pessoa pode tolerar e que ocorre raramente nos últimos 30 dias.	6 Posição desviada
s740.	4 Deficiência/dificuldade completa significa um problema que está presente em mais que 95% do tempo, com uma intensidade que prejudica/rompe totalmente a vida diária da pessoa e que ocorre todos os dias nos últimos 30 dias.	6 Posição desviada
s750.	4 Deficiência/dificuldade completa significa um problema que está presente em mais que 95% do tempo, com uma intensidade que prejudica/rompe totalmente a vida diária da pessoa e que ocorre todos os dias nos últimos 30 dias.	6 Posição desviada
s760.	3 Deficiência/dificuldade grave significa um problema que está presente em mais que 50% do tempo, com uma intensidade que prejudica/rompe parcialmente a vida diária da pessoa e que ocorre frequentemente nos últimos 30 dias.	6 Posição desviada
d450.	4 Deficiência/dificuldade completa significa um problema que está presente em mais que 95% do tempo, com uma intensidade que prejudica/rompe totalmente a vida diária da pessoa e que ocorre todos os dias nos últimos 30 dias.	0 Nenhuma deficiência/dificuldade significa que a pessoa não tem problema
d465.	4 Deficiência/dificuldade completa significa um problema que está presente em mais que 95% do tempo, com uma intensidade que prejudica/rompe totalmente a vida diária da pessoa e que ocorre todos os dias nos últimos 30 dias.	0 Nenhuma deficiência/dificuldade significa que a pessoa não tem problema
e110.	. +1 Facilitador LEVE	
e115.	. +4 Facilitador COMPLETO	
e120.	. +4 Facilitador COMPLETO	

Equipamentos usados

Escâner:	Kinect 360
Software de escaneamento:	Skannect
Referência da validação do escâner para antropometria digital:	CLARKSON, Sean; WHEAT, Jon; HELLER, Ben; CHOPPIN, Simon. Assessment of a Microsoft Kinect-based 3D scanning system for taking body segment girth measurements: a comparison to ISAK and ISO standards. Journal of Sports Sciences, Londres, v. 34, n. 11, p. 1006–1014, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1085075 . Acesso em: 17 jan. 2022.
Dispositivo	TRUE
Outro	
T1	TRUE
T2	TRUE
B1 - Direito	TRUE
B2 - Direito	FALSE

Poses escaneadas

B3 - Direito	FALSE
B4 - Direito	TRUE
B1 - Esquerdo	TRUE
B2 - Esquerdo	FALSE
B3 - Esquerdo	FALSE
B4 - Esquerdo	TRUE
P1 - Direita	TRUE
P2 - Direita	TRUE
P3 - Direita	TRUE
P4 - Direita	FALSE
P1 - Esquerda	TRUE
P2 - Esquerda	TRUE
P3 - Esquerda	TRUE
P4 - Esquerda	FALSE
Outras	

Pontos anatômicos

Método de marcação:	Relevo	TRUE
	Cor	TRUE
	Outro	
1. Vértex	FALSE	
2. Glabela	FALSE	
3. Acromial	FALSE	
4. Mesoesternal	FALSE	
5. Xifoidal	FALSE	
6. Radial	FALSE	
7. Iliocristal	FALSE	
8. Iliosspinal	FALSE	
9. Trocantérico	FALSE	
10. Estiloidal	FALSE	
11. Dáctilo	FALSE	
12. Tibial Lateral	FALSE	
13. Tibial Medial	FALSE	
14. Maleolar	FALSE	
Outros..	Indicações da roupa	

Malhas

Malha(s) obtida(s)	Malha obtida
<i>Malhas avaliadas</i>	<i>Notas</i>
Malha 1	88
Malha 2	77
Malha...	65

Softwares

Limpeza:	Meshmixer	TRUE
	Outro	
Retirada de medidas:	Meshmixer	FALSE
	Outro Blender	
Desenvolvimento do produto:	Meshmixer	FALSE
	Outro Blender	

Medidas

Descrição	Medida	
Geometrias da malha Supina 1	Parte frontal do tronco e pernas	
Geometrias da malha Supina 2	Pés e braços	
Geometrias da malha Prona	Parte traseira do pronto e pernas	
Altura da cabeça a partir do assento	85,1	
Altura dos olhos a partir do assento	71,9	
Altura dos ombros a partir do assento	56,2	
Altura dos cotovelos a partir do assento	22,5	
Altura da coxa	15,7	
Altura poplitea	40,6	
Altura do joelho sentado	46,4	
Comprimento do braços até a palma da mão	55,6	
Comprimento nádega-poplitea	D-48,4	E-52
Comprimento nádega-joelho	60,5	
Comprimento nádega-pé (perna esticada)	D-103,7	E-101,1
Largura entre cotovelos	49,8	
Largura dos quadris sentado	37,1	

Desenvolvimento do produto

Dimensões (A x L x P):	32 x 34 x 36, altura assento de 7cm e profundidade do encosto de 4 cm.
Material principal:	Estrutura plástica
Material secundário:	Espuma viscoelástica
Material de acabamento:	Tecido cobertura de poliéster
Método e material de fixação:	Velcro
Criação de suportes extras?	Não precisa
Produto desenvolvido	Produto desenvolvido

Avaliação e entrega do produto

Avaliação da PcDM:	4,55555556
Avaliação do especialista:	4,428571429
O produto foi entregue?	Sim
Data:	2022-04-07
Hora:	09:00
Quem recebeu:	

Questões	Respostas
O participante consegue ser escaneado?	Sim

**Avaliação do
processo**

A alteração estava prevista pelo sistema?	Não se aplica	
O motivo pelo qual o participante não conseguiu ser escaneado estava previsto?	Não se aplica	
O participante conseguiu atingir as posições requeridas?	Sim	
As posições foram suficientes para a necessidade da coleta?	Sim	
A posição alternativa digitalizada foi possível de ser utilizada?	Não se aplica	
O participante estava confortável?	Sim	
Houve desistência durante o escaneamento?	Não	
Houve confusão no momento de digitalização?	Não	
O escaneamento gerou malha 3D?	Sim	
Foram gerados erros na malha? Quais?	Sim	Costura, aberturas e objetos estranhos.
Os erros gerados na malha puderam ser concertados?	Sim	
Houve necessidade de refazer o escaneamento?	Não	
A nova malha gerada está adequada para uso?	Sim	
A malha gerada pôde ser utilizada para retirada de medidas?	Sim	
A malha pode ser usada para desenvolvimento do produto?	Sim	
Foi possível gerar um resultado tangível para entrega?	Sim	
A malha pode ser arquivada?	Sim	
A malha pode ser reutilizada?	Sim	