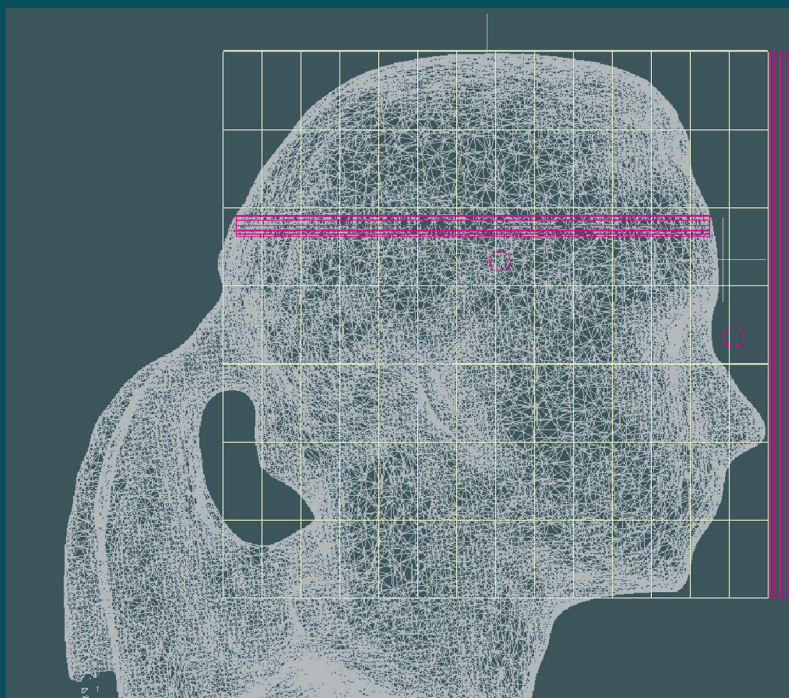


MÉTODO PARA LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS UTILIZANDO UM DIGITALIZADOR 3D DE BAIXO CUSTO



Clariana Fischer Brendler
Orientador: Fábio Gonçalves Teixeira



**ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Clariana Fischer Brendler

**MÉTODO PARA LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS UTILIZANDO
UM DIGITALIZADOR 3D DE BAIXO CUSTO**

Porto Alegre

2013



**ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Clariana Fischer Brendler

**MÉTODO PARA LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS UTILIZANDO
UM DIGITALIZADOR 3D DE BAIXO CUSTO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a obtenção do Grau de Mestre em Design.

Orientador:
Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira

Porto Alegre

2013

CIP - Catalogação na Publicação

Fischer Brendler, Clariana
Método para Levantamento de Parâmetros
Antropométricos utilizando um Digitalizador 3D de
baixo custo / Clariana Fischer Brendler. -- 2013.
148 f.

Orientador: Fábio Gonçalves Teixeira.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de
Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2013.

1. Digitalizador Tridimensional. 2. Parâmetros
Antropométricos. 3. Projeto de produto. 4. Kinect.
5. Baixo custo. I. Gonçalves Teixeira, Fábio, orient.
II. Título.

Clariana Fischer Brendler

**MÉTODO PARA LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS
UTILIZANDO UM DIGITALIZADOR 3D DE BAIXO CUSTO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Design, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 25 de junho de 2013.

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

Banca Examinadora:

Orientador: **Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira**
Coordenador Programa de Pós-Graduação em Design e Tecnologia – PGDESIGN/UFRGS
Chefe Departamento de Design e Expressão Gráfica – DEG/UFRGS

Prof. Dr. Sergio Antonio Brondani
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Prof. Dr. Régio Pierre da Silva
Programa de Pós Graduação em Design & Tecnologia– PGDESIGN/UFRGS
Departamento de Design e Expressão Gráfica – DEG/UFRGS

Prof. Dr. José Luis Farinatti Aymone
Programa de Pós Graduação em Design & Tecnologia– PGDESIGN/UFRGS
Departamento de Design e Expressão Gráfica – DEG/UFRGS

Aos meus amados pais.

*“Cada dia que amanhece assemelha-se a
uma página em branco, na qual gravamos os
nossos pensamentos, ações e atitudes. Na
essência, cada dia é a preparação de nosso
próprio amanhã”*

(CHICO XAVIER)

AGRADECIMENTOS

Ao meu amor, Felipe Viaro, que sempre esteve ao meu lado, me ajudando nos momentos de dificuldade com muito apoio e carinho. Auxiliando com suas competências sempre com muita dedicação.

À minha família, a quem eu tenho uma grande admiração e muito amor.

Aos meus colegas e amigos do grupo de pesquisa Virtual Design (VID/PgDesign), no qual tenho imenso carinho, principalmente, ao Rogélio Pinheiro, Bento Gustavo de Souza Pimentel e prof. Sérgio Santos, com a ajuda valiosa nos programas de modelagem 3D.

Em especial aos amigos de mestrado Ulisses Caetano e Priscila Zavadil.

Aos professores do Departamento de Design e Expressão Gráfica, principalmente, ao prof. Régio Pierre da Silva pelo seus ensinamentos e competência, que sempre acrescentaram importantes considerações à pesquisa.

À querida e amiga professora Underléia Bruscato, a quem admiro e sou muito agradecida pelos conselhos e pelo carinho que sempre dedicou a mim.

À prof. Tânia Koltermann, com seu admirável conhecimento e competência, principalmente, em suas considerações em bancas de defesa de Mestrado.

Aos membros da banca pelas considerações valiosas à pesquisa, prof. Régio Pierre da Silva, prof. José Aymone e prof. Sergio Brondani.

Especialmente, ao meu querido orientador, Fábio Gonçalves Teixeira, pela confiança, competência e dedicação que sempre depositou desde o início do meu trabalho, com suas valiosas orientações.

À CAPES, que por meio de seu apoio financeiro permitiu a finalização desta dissertação.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um método para obtenção de parâmetros antropométricos através de um digitalizador tridimensional de baixo custo. A fundamentação teórica da presente pesquisa abrange temas relacionados ao processo de Design, produtos personalizados e de tecnologia assistiva, além da relação entre os parâmetros antropométricos e o projeto de produto. Assim, foram investigados os métodos utilizados para o levantamento dos parâmetros antropométricos pelo processo direto de medição e o respectivo estado da arte. Ainda, foram investigados os métodos utilizados para o levantamento de parâmetros antropométricos lineares por digitalizadores tridimensionais. A metodologia da pesquisa consiste em cinco etapas: pesquisa bibliográfica, coleta e análise dos dados antropométricos pelo método direto e o desenvolvimento do método indireto de obtenção de medidas antropométricas, comparação e análise dos dados obtidos, discussão dos resultados e a finalização da pesquisa. O processo de digitalização utilizado está baseado em um dispositivo de baixo custo, o Microsoft Kinect e no *software* kscan3D. Para o levantamento antropométrico a partir do modelo tridimensional, é utilizado o *software* Autodesk 3D Studio Max. Através da comparação e avaliação entre os dados obtidos pelo método direto e indireto, foi possível verificar a compatibilidade dos dados e, assim, validar o método desenvolvido. Como resultado foi proposto um método para realização do levantamento de parâmetros antropométricos utilizando um digitalizador 3D de baixo custo. A pesquisa apresenta recomendações e restrições para a geração do modelo tridimensional, de forma a se obter uma malha com precisão satisfatória. É apresentado um fluxograma para orientar a aplicação do método desenvolvido no processo de Design bem como um quadro-resumo contendo diretrizes para esta aplicação. O método desenvolvido obteve 97,96% de compatibilidade nos resultados das variáveis mensuradas em relação ao método direto. Estes resultados foram obtidos com um tempo de exposição do indivíduo de apenas 3 minutos e 28 segundos, muito inferior ao tempo necessário no método direto, que foi de 1 hora e 12 minutos, o que demonstra uma das principais contribuições do método proposto.

Palavras-chave: Digitalização Tridimensional. Parâmetros Antropométricos. Projetos de Produto. Kinect, Baixo custo.

ABSTRACT

The aim of this paper is to develop a method for obtaining anthropometric parameters using a low cost three-dimensional digitizer. The theoretical foundation of this research covers topics related to the design process, personalized products and assistive technology. It also considers the relationship between anthropometric parameters and product design. Thus, we investigated the methods used in the analysis of anthropometric parameters through direct process measurement and its state of the art. Moreover, it was investigated the methods used for collect anthropometric parameters through linear three-dimensional scanners. The research methodology is divided in five steps: literature review; collection and analysis of anthropometric data using the direct method and also the development of the indirect method for obtaining anthropometric measurements; comparison and data analysis; discussion of results and the completion of the research. The digitization process developed it is based on Microsoft Kinect, a low-cost device, and also on the software kscan3D. For the anthropometric collection from the three-dimensional model is used Autodesk 3D Studio Max. Through the comparison and evaluation of the data obtained by the direct and the indirect methods, it was possible to verify the compatibility of the data and thus validate the developed method. Therefore, it was proposed a method for collecting anthropometric parameters using a low-cost 3D scanner. This research presents requirements and constraints for generate the three-dimensional model in order to obtain a mesh with satisfactory precision. It is presented a flowchart to guide the implementation of the developed method in the design process as well as a summary table containing guidelines for this application. The developed method achieved 97.96% of compatibility considering the results of the measured variables in relation to the direct method. These results were obtained with an exposure time of the individual of only 3 minutes and 28 seconds, which is less than the time required in the direct method – 1 hour and 12 minutes. This demonstrates one major contribution of the developed method.

Keywords: *Three Dimensional Scannin. Anthropometric Parameters. Product Design. Kinect. Low Cost.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	22
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	26
1.3 PROBLEMA DA PESQUISA.....	26
1.4 HIPÓTESE DA PESQUISA.....	26
1.5 OBJETIVOS.....	27
1.5.1 Objetivo geral	27
1.5.2 Objetivos específicos	27
1.6 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	27
1.7 ESTRUTURA DA PESQUISA.....	30
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	32
2.1 PRIMEIRA PARTE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	32
2.1.1 Produtos de Tecnologia Assistiva: classificação e avaliação no processo de Design	32
2.1.2 Processo de Design e o envolvimento do Usuário Final nos produtos personalizados	34
2.1.3 Antropometria como ferramenta para auxílio no desenvolvimento de produtos	38
2.1.4 A Falsa ideia do “Homem Médio”	40
2.1.5 Método para levantamento antropométrico direto ou manual para antropometria estática	43
2.1.5.1 <i>Breve histórico</i>	43
2.1.5.2 <i>Métodos e instrumentos</i>	44
2.2 SEGUNDA PARTE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	48
2.2.1 Breve histórico sobre digitalização 3D em corpos humanos	49
2.2.2 Digitalização 3D a laser (<i>laser scanning</i>)	50
2.2.3 Digitalização por luz branca (<i>white light scanning</i>)	53
2.2.4 Fotogrametria (<i>photogrammetry</i>)	54

2.2.5 Estado da Arte: métodos para levantamento de parâmetros antropométricos lineares por digitalização tridimensional	56
2.2.6 Microsoft Kinect	64
2.2.7 Anatomia básica do corpo humano e os “pontos anatômicos”	67
3 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	71
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	72
3.2 LEVANTAMENTO ANTROPOMÉTRICO PELO MÉTODO DIRETO.....	73
3.3 LEVANTAMENTO ANTROPOMÉTRICOS PELO MÉTODO INDIRETO.....	74
4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	77
4.1 DESENVOLVIMENTO DA PRIMEIRA ETAPA: LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS PELO MÉTODO DIRETO.....	77
4.1.1 Coleta dos dados antropométricos com o corpo na posição em pé.....	78
4.1.1.1 Estatura, corpo ereto (Medida 1,1).....	78
4.1.1.2 Altura dos olhos, em pé, ereto (Medida 1,2).....	79
4.1.1.3 Altura dos ombros, em pé, ereto (Medida 1,3).....	79
4.1.1.4 Altura do cotovelo até o chão (Medida 1,4)	80
4.1.1.5 Altura do centro da mão, braço pendido, em pé (Medida 1,5)	80
4.1.1.6 Altura do centro da mão, braço erguido, em pé (Medida 1,6).....	80
4.1.1.7 Comprimento do braço, na horizontal, até o centro da mão (Medida 1,7).....	81
4.1.1.8 Profundidade do corpo, na altura do tórax (Medida 1,8).....	81
4.1.1.9 Largura dos ombros, em pé (Medida 1,9).....	82
4.1.1.10 Largura dos quadris, em pé (Medida 1,10).....	82
4.1.2 Coleta dos dados antropométricos com o corpo na posição sentado	83
4.1.2.1 Altura da cabeça, a partir do assento, corpo ereto (Medida 2,1)	84
4.1.2.2 Altura dos olhos, a partir do assento, ereto (Medida 2,2)	84
4.1.2.3 Altura dos ombros, a partir do assento, ereto (Medida 2,3)	85
4.1.2.4 Altura do cotovelo, a partir do assento, ereto (Medida 2,4)	85
4.1.2.5 Altura do joelho, sentado (Medida 2,5).....	85

4.1.2.6	Altura políteia – parte inferior da coxa (Medida 2,6)	86
4.1.2.7	Comprimento do antebraço, na horizontal até o centro da mão (Medida 2,7)	86
4.1.2.8	Comprimento nádega-poplítea (Medida 2,8)	86
4.1.2.9	Comprimento nádega-joelho (Medida 2,9)	87
4.1.2.10	Comprimento nádega-pé, perna estirada na horizontal (Medida 2,10)	87
4.1.2.11	Altura da parte superior das coxas (Medida 2,11)	87
4.1.2.12	Largura entre ombros (Medida 2,12)	88
4.1.2.13	Largura dos quadris, sentado (Medida 2,13)	88
4.1.3	Coleta dos dados antropométricos da cabeça	88
4.1.3.1	Comprimento vertical da cabeça (Medida 3,1)	89
4.1.3.2	Largura da cabeça, de frente (Medida 3,2)	89
4.1.3.3	Largura da cabeça, de perfil (Medida 3,3)	90
4.1.3.4	Distância entre os olhos (Medida 3,4)	90
4.1.3.5	Circunferência da cabeça (Medida 3,5)	91
4.1.4	Coleta dos dados antropométricos da mão direita	91
4.1.4.1	Comprimento da mão (Medida 4,1)	92
4.1.4.2	Largura da mão (Medida 4,2)	92
4.1.4.3	Comprimento da palma da mão (Medida 4,3)	93
4.1.4.4	Largura da palma da mão (Medida 4,4)	93
4.1.4.5	Circunferência da mão (Medida 4,5)	93
4.1.4.6	Circunferência do punho (Medida 4,6)	93
4.1.5	Coleta dos dados antropométricos do pé direito	94
4.1.5.1	Comprimento do pé (Medida 5,1)	94
4.1.5.2	Largura do pé (Medida 5,2)	94
4.1.5.3	Largura do calcanhar (Medida 5,3)	95
4.2	QUADRO DE REFERÊNCIA-BASE	95
4.3	DESENVOLVIMENTO DA SEGUNDA ETAPA: LEVANTAMENTO ANTROPOMÉTRICO UTILIZANDO O KINECT	96

4.3.1 Geração do modelo tridimensional.....	97
4.3.2 Recomendações e Restrições.....	104
4.3.2.1 <i>Tamanho e Forma.....</i>	105
4.3.2.2 <i>Iluminação.....</i>	105
4.3.2.3 <i>Distância</i>	105
4.3.2.4 <i>Vestimenta do indivíduo</i>	106
4.3.2.5 <i>Movimento do indivíduo</i>	106
4.3.3 Quadro-resumo	107
4.4 LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS	107
4.4.1 Procedimento	108
4.4.1.1 <i>Medições com o indivíduo na posição em pé</i>	111
4.4.1.2 <i>Medições com o indivíduo na posição sentado</i>	113
4.4.1.3 <i>Medições da cabeça</i>	115
4.4.1.4 <i>Medições da mão direita</i>	116
4.4.1.5 <i>Medições do pé direito</i>	118
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	119
5.1 MÉTODOS PARA LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS UTILIZANDO DIGITALIZADOR 3D DE BAIXO CUSTO	119
5.2 <i>Comparação das medidas obtidas pelo método direto e o método proposto ...</i>	121
5.2.1 Diferença entre as variáveis mensuradas através do método direto e do método desenvolvido na presente pesquisa	123
5.3 DIRETRIZES PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO DESENVOLVIDO NO PROCESSO DE DESIGN	128
5.3.1 Quadro-resumo das diretrizes	132
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	133
6.1 <i>A PESQUISA</i>	133
6.1.1 O desenvolvimento da metodologia e o método utilizando o Microsoft Kinect.....	135
6.2 <i>CONCLUSÕES.....</i>	137

6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	138
REFERÊNCIAS	139
ANEXO A	145
ANEXO B	146

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Molde de gesso para confecção de órteses de tronco.	24
Figura 2 - Estrutura da Pesquisa.....	31
Figura 3 - Fluxograma da Fase de Projeto Informacional.....	35
Figura 4 - Participação da antropometria nas diversas etapas do desenvolvimento de produtos.....	36
Figura 5 - Modelo do processo de Design Centrado no Usuário.	37
Figura 6 - Comparação da diferença de estatura do nilota mais alto do sul do Sudão com o pigmeu mais baixo da África Central.	39
Figura 7 - As proporções corporais são típicas de cada etnia e se mantêm inalteradas, mesmo que haja uma evolução da estatura média da população (Newman e White, 1951; Ishii, 1957; Siqueira, 1976).....	40
Figura 8 - Gráfico indicando os percentis para as várias dimensões corporais de três indivíduos.....	41
Figura 9 - Variação típica de medição antropométrica.	42
Figura 10 - Ferramentas para medidas antropométricas manuais: (a) antropômetro, (b) alicate de cabeça, (c) paquímetro, (d) fita métrica.	45
Figura 11 - A figura mostra a postura e os pontos entre os quais deve ser feita a medida antropométrica do comprimento ombro-cotovelo.....	47
Figura 12 - Principais variáveis usadas em medidas de antropometria estática do corpo.....	48
Figura 13 - Processo de digitalização a laser.	51
Figura 14 - Sistema de escaneamento de todo o corpo pelo scanner Vitus 3-D 1600.	51
Figura 15 - <i>Landmark</i> de doze marcos principais do corpo humano e três linhas como referência.	52
Figura 16 - Silhueta.....	52
Figura 17 - Processo com <i>landmarking</i> automatizado.....	53
Figura 18 - Princípio da Triangulação.	54
Figura 19 - Método de digitalização por luz branca.	54
Figura 20 - Processo de fotogrametria.	55

Figura 21 - Sistemas de digitalização 3D.	56
Figura 22 - Imagem digitalizada por sistema a laser em um cadáver.	57
Figura 23 - 38 pontos característicos na imagem frontal (a) e 22 pontos característicos da imagem lateral (b) utilizados para obtenção de 25 medidas do corpo.	58
Figura 24 - Processo (1) desenvolvido por Lin e Wang (2012).	59
Figura 25 - Processo (2) desenvolvido por Lin e Wang (2012).	59
Figura 26 - (A) antes do tratamento e (B) depois do tratamento.	60
Figura 27 - Método desenvolvido para análise de medidas maxilo-facial.	61
Figura 28 - Leitura automatizada dos <i>landmarks</i>	62
Figura 29 - Demarcação dos <i>landmarks</i> no modelo 3D.	63
Figura 30 - Características do Kinect.	64
Figura 31 - Passo a passo da digitalização facial 3D pelo Kinect.	65
Figura 32 - Método desenvolvido com 3 Kinects.	66
Figura 33 - Os planos do corpo.	68
Figura 34 - Localização dos pontos anatômicos.	70
Figura 35 - Etapas metodológicas da presente pesquisa.	71
Figura 36 - Diagrama do processo metodológico pelo método direto.	74
Figura 37 - Diagrama do processo metodológico pelo método Kinect.	75
Figura 38 - Variáveis correspondentes à postura na posição em pé.	78
Figura 39 - Medição da estatura.	79
Figura 40 - Altura dos olhos, em pé, ereto.	79
Figura 41 - Altura do cotovelo até o chão.	80
Figura 42 - Altura do centro da mão, braço erguido, em pé.	81
Figura 43 - Comprimento do braço, na horizontal, até o centro da mão.	81
Figura 44 - Profundidade do corpo, na altura do tórax.	82
Figura 45 - Medida biacromial (largura dos ombros).	82
Figura 46 - Largura dos quadris, em pé.	83

Figura 47 - Caixa antropométrica.	83
Figura 48 - Posição sentado.	84
Figura 49 - Altura da cabeça, a partir do assento, corpo ereto.	84
Figura 50 - Altura do joelho, sentado.	85
Figura 51 - Comprimento nádega-poplítea.	86
Figura 52 - Comprimento nádega-joelho.	87
Figura 53 - Largura entre ombros.	88
Figura 54 - Medidas da cabeça.	89
Figura 55 - Comprimento vertical da cabeça.	89
Figura 56 - Largura da cabeça, de frente.	90
Figura 57 - Largura da cabeça, de perfil.	90
Figura 58 - Distância dos olhos.	91
Figura 59 - Medida da circunferência da cabeça.	91
Figura 60 - Medidas da mão.	92
Figura 61 - Largura da mão.	92
Figura 62 - Medição da circunferência do punho.	93
Figura 63 - Medidas do pé.	94
Figura 64 - Comprimento do pé.	94
Figura 65 - Largura do pé.	95
Figura 66 - Interface do kscan3D.	98
Figura 67 - Modelo 3D do indivíduo com o cabelo solto.	99
Figura 68 - Imagem gerada com pouca iluminação.	99
Figura 69 - Distorção da malha tridimensional.	100
Figura 70 - Plataforma giratória.	100
Figura 71 - Malhas tridimensionais do número 1 ao 16.	101
Figura 72 - Malhas tridimensionais do número 17 ao 32.	102
Figura 73 - Geração do modelo 3D.	102

Figura 74 - Modelo 3D com a imagem das texturas.	103
Figura 75 - Modelo (a) 3D sem a imagem das texturas e das cores.....	103
Figura 76 - Modelo (b) 3D sem a imagem das texturas e das cores.....	103
Figura 77 - Processo de digitalização.	104
Figura 78 - Painel semântico.....	108
Figura 79 - Imagem do modelo 3D após o processo de suavização das malhas no software <i>Geomagic</i>	109
Figura 80 - Alinhamento nos planos x, y e z.....	109
Figura 81 - <i>Box</i> alinhado no modelo 3D.	110
Figura 82 - Verificação da medida da altura (variável 1,1).	110
Figura 83 - Ferramentas de obtenção da medida.....	111
Figura 84 - Linhas criadas para obtenção das medidas.	111
Figura 85 - Obtenção de medidas pela ferramenta <i>curve</i>	112
Figura 86 - Modelo com a posição em pé e braço erguido.	112
Figura 87 - Planos desenhados para simular o solo e o assento.	113
Figura 88 - Verificação das medidas com o indivíduo na posição sentado.....	113
Figura 89 - Verificação das medidas com o indivíduo na posição sentado.....	114
Figura 90 - Obtenção das medidas com o modelo 3D sentado e com a perna direita erguida.....	114
Figura 91 - Obtenção das medidas com o modelo 3D sentado e com a perna direita erguida.....	115
Figura 92 - Medições da cabeça.	115
Figura 93 - Circunferência da cabeça.	116
Figura 94 - Medições da cabeça.	116
Figura 95 - Medidas da mão.	117
Figura 96 - Obtenção da variável 4,5 (a).	117
Figura 97 - Obtenção da variável 4,5 (b).	118
Figura 98 - Obtenção das medidas do pé direito.	118

Figura 99 - Pontos anatômicos no modelo 3D.....	121
Figura 100 - Gráfico em linhas das variáveis do indivíduo na posição em pé.....	124
Figura 101 - Gráfico em linhas das variáveis do indivíduo na posição sentado.	125
Figura 102 - Gráfico em linhas das variáveis da cabeça.	126
Figura 103- Gráfico em barras das variáveis da mão direita.	126
Figura 104 - Gráfico em barras das variáveis da mão direita.	127
Figura 105 - Fluxograma da análise do método desenvolvido na presente pesquisa e das diretrizes propostas.	131

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Ferramentas antropométricas e sua função.....	46
Quadro 02 - O esqueleto humano.....	69
Quadro 03 - Recomendações e limitações para o processo de digitalização.....	107
Quadro 04 - Método para levantamento de parâmetros antropométrico utilizando um digitalizador de baixo custo.....	120
Quadro 05 - Comparação entre o método direto e o método desenvolvido na pesquisa.....	128
Quadro 06 - Diretrizes para auxiliar no uso do método desenvolvido no processo de Design.....	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Resultado do levantamento antropométrico pelo método direto.....	96
Tabela 02. Tabela contendo os resultados das medidas obtidas pelos métodos diretos e indiretos (resultados em centímetros).....	122
Tabela 03. Tabela contendo os resultados das medidas obtidas pelos métodos diretos e indiretos.....	123

LISTA DE SIGLAS

- ABNT**- Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- AACD** - Associação de Assistência à Criança Deficiente.
- ABERGO** - Associação Brasileira de Ergonomia.
- CBCT** - digitalização 3D computadorizada por feixe cônico.
- CNC** - Comandos Numéricos Computadorizados.
- DIN** - Norma técnica da Alemanha (*Deutsches Institut für Normung*).
- ESEF** - Escola de Educação Física.
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- LAPEX** - laboratório de pesquisa do exercício.
- MDF** - Fibra de Média Densidade.
- NBR** - Norma Brasileira.
- TA** - Tecnologia Assistiva.
- UFRGS** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- UCD** - Design Centrado no Usuário.
- VID** - Virtual Design.
- 3D** - Tridimensional.
- 2D** - Bidimensional

1 INTRODUÇÃO

A globalização e a internacionalização vêm levando empresas, que atuam no desenvolvimento e produção de bens de consumo, a buscar novos mercados no exterior deixando de atuar apenas para o mercado local (LADEIRA *et al.* 2011). A economia mundial vem passando por sucessivas transformações, desde o Pós-Guerra, em direção à internacionalização da produção de bens de consumo. As fronteiras nacionais deixaram de ser um obstáculo para a circulação dos produtos, resultando em um aumento do volume do comércio internacional (NAKANO, 1994).

Devido a esse crescente volume do comércio internacional, Lida (2005, p.98) afirma que os produtos devem seguir certos padrões mundiais de medidas antropométricas para se adequarem aos produtos ditos 'universais', isto é, adaptáveis e com diferentes regulagens para as diversas etnias. Conforme a ABNT (NBR 9050), o "Design Universal visa atender à maior gama de variações possíveis das características antropométricas e sensoriais da população".

Sangelkar *et al.* (2012) afirma que o Design Universal é um conceito destinado a promover o desenvolvimento de produtos e ambientes que sejam igualmente utilizáveis por todos os usuários de forma eficaz.

Entretanto, devido às diferenças antropométricas existentes nos diversos países e, até mesmo dentro de um mesmo país como, por exemplo, o Brasil, o desenvolvimento de projeto de produto necessita ser projetado conforme as características antropométricas dos usuários para alcançar um bom desempenho. Principalmente, se constituírem um projeto de produto personalizado ou de tecnologia assistiva (TA), pois exigem a personalização das medidas antropométricas.

Segundo Sell (2002), muitos produtos são exportados para outros países sem levar em consideração as necessidades dos usuários e isso se tornou um problema. Existem múltiplas diferenças em termos de características corporais, o que dificulta sobremaneira a produção de projetos de produtos universais.

Os dados antropométricos estão associados ao desenvolvimento de projeto de produtos e definem as medições de tamanho, peso e proporção do corpo humano, aplicáveis a um correto dimensionamento de projeto de produtos, equipamentos e postos de trabalho (PEQUINI, 2005). As medidas antropométricas a serem consideradas para qualquer tipo de projeto de produto ou aplicação devem

estar associadas às necessidades do projeto, considerando seus usuários (GONTIJO *et al.*, 2010).

Assim, as diferenças antropométricas dos indivíduos não se estabelecem somente pela faixa etária, altura, sexo e peso, mas também pelas condições físicas e individuais de cada indivíduo (PASCHOARELLI, 1997, p.09). Existem várias particularidades antropométricas, por exemplo, em pessoas com deficiências físicas, as quais podem ser de consequências de várias enfermidades: artrose, pacientes com artrite reumatóide, pessoas com distrofia muscular, paralisia cerebral, esclerose múltipla e doença de Parkinson. Dados antropométricos referentes a estas singularidades deveriam estar disponíveis para os designers para a avaliação e desenvolvimento de produtos, a fim de uma melhor adequação do produto ao usuário (JONES E RIOUXB, 1997).

Muitos pesquisadores se queixam da falta de um banco de dados, e esta, é vista como um impedimento para o desenvolvimento de projetos. Para o projeto de produtos personalizados e de tecnologia assistiva, muitas vezes, o ideal é realizar o levantamento antropométrico diretamente no usuário do produto (JONES e RIOUXB, 1997).

Portanto, é nesse contexto que circunscreve a presente pesquisa, analisando as questões sobre as características antropométricas para o desenvolvimento de projetos de produtos, levando em consideração as diferenças antropométricas dos usuários e como são realizados os levantamentos antropométricos para aplicação dos dados antropométricos no processo de Design. Este primeiro capítulo apresenta a contextualização da pesquisa em que serão abordadas questões sobre a problematização do tema, a delimitação da pesquisa, o problema de pesquisa, a hipótese, os objetivos e a justificativa para a realização da presente pesquisa.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

As medidas antropométricas são necessárias para o desenvolvimento de projetos de produtos mais adequados às características físicas do usuário sejam eles produtos para alta escala industrial ou produtos personalizados. Existem duas maneiras de obtenção das medidas antropométricas: por sistemas diretos (medições manuais) ou por sistemas indiretos (medições através de digitalizadores tridimensionais).

Até o início dos anos 2000, a antropometria limitava-se à medição manual utilizando instrumentos tradicionais como balança de precisão, paquímetro, fitas métricas e cadeira antropométrica (IIDA, 2005, p.32-35). Porém, segundo Lu e Wang (2008) os métodos e procedimentos de obtenção de medidas do corpo humano, por métodos manuais, são considerados procedimentos demorados e que envolvem o contato físico com os indivíduos a serem mensurados.

O contato físico do antropometrista com o indivíduo a ser mensurado e o tempo demasiado para a realização do levantamento dos dados antropométricos são um problema, principalmente em indivíduos com deficiência, idosos e grávidas, devido às dificuldades em se manter na posição estática por um tempo prolongado.

Também, em pessoas com deficiências físicas, que possuem deformação física, as medições tornam-se complexas e, em algumas variáveis, as medições são impossíveis de serem obtidas. O tipo de deficiência física pode afetar consideravelmente as distribuições das dimensões do corpo (HOBSON e MOLENBROEK, 1990).

Hobson e Molenbroek (1990) realizaram uma pesquisa com base em comparações de variância e valores em pessoas com paralisia cerebral e demonstraram que os indivíduos com deficiência diferem significativamente em 21 das 25 variáveis mensuradas. Por conseguinte, sugeriram que as pessoas com deficiências físicas devem ser tratadas como distintas das populações do ponto de vista antropométrico.

Portanto, afirmam Hobson e Molenbroek (1990), que não só as pessoas com deficiência devem ser tratadas com distinção, mas também, é necessário diferenciar os tipos de deficiências e enfermidades, especialmente, nos casos em que a deficiência afeta significativamente as variáveis antropométricas.

Em muitos casos, conforme a deficiência física do indivíduo a ser mensurado, o levantamento antropométrico é realizado através da obtenção de um molde de gesso, para que sejam obtidas as medidas antropométricas no próprio molde. Este procedimento pode causar um constrangimento aos envolvidos. Dependendo da parte do corpo em que será efetuado o molde de gesso, é necessário despistar o indivíduo deixando-o apenas com vestimentas íntimas. Depois de colocado o gesso, espera-se em torno de 15 minutos ou até o gesso secar, para que seja efetuado o corte do gesso e, assim, o gesso é retirado do corpo do indivíduo para realização do levantamento antropométrico.

Dependendo do clima, esse tipo de situação é agravada por causa do frio e do gesso molhado em contato com a pele do indivíduo, o que causa grande desconforto. A figura 1 mostra a imagem do procedimento para confecção do molde de gesso do tronco em uma pessoa com deficiência física, evidenciando a necessidade de contato físico do indivíduo durante todo o processo e as consequências que podem advir disto.

Figura 1 - Molde de gesso para confecção de órteses de tronco.



Fonte: Adaptado de Prestes (2011, p.47).

Com o avanço da tecnologia, pesquisas vêm sendo realizadas para a obtenção de dados antropométricos por meio de digitalizadores tridimensionais e por sistemas de fotogrametria, para que seja possível a obtenção dos dados antropométricos sem o contato direto (físico) com o indivíduo a ser mensurado.

Assim, segundo Lida (2005, p.33) estão sendo realizados levantamentos antropométricos por diferentes sistemas de digitalização 3D em diversos centros de pesquisa e tecnologia no mundo conforme a identificação da necessidade de obtenção de medidas mais rápidas, precisas e confiáveis.

A digitalização tridimensional é uma tecnologia que obtém dados de objetos físicos para gerar modelos tridimensionais digitais, com auxílio de *softwares*, que permitem a obtenção de curvas, texturas e detalhes de superfícies com grande precisão. As informações obtidas, a partir de estudos de modelos tridimensionais gerados pela digitalização do corpo humano, podem ser usadas, por exemplo, em projetos de produtos para Tecnologia Assistiva (TA) que requerem dados mais precisos e personalizados (JONES e RIOUXB, 1997).

A digitalização tridimensional vem se mostrando extremamente importante para o campo do Design e Tecnologia. As tecnologias de digitalização 3D mais utilizadas para *scannear* o corpo humano, como a digitalização a *laser* (*laser scanning*), digitalização por luz branca (*white light scanning*) e o sistema de fotogrametria (*photogrammetry*), são de difícil acesso pelo seu alto custo e requerem um conhecimento especializado para sua operação (D'APUZZO, 2009; TONG *et al.*, 2012). O valor do *scanner* colorido de corpo inteiro *Cyberware* é de US\$ 240.000, o *scanner a laser Swiss Ranger 4000* é de US\$ 8.000 (TONG *et al.*, 2012).

Os métodos por meio de digitalizadores tridimensionais tradicionais no mercado, como os *scanners a laser*, fotogrametria e por luz branca, além de demandarem certa especialização para o manuseio do equipamento, são dispositivos com alto custo financeiro e baixa portabilidade. A portabilidade é importante, pois possibilita a realização do levantamento antropométrico em locais nos quais se encontram pessoas com incapacidade de locomoção ou em instituições para deficientes físicos.

Por outro lado, o levantamento antropométrico realizado pelo processo manual, em que há o contato físico com o indivíduo mensurado, é um processo demorado e, em muitos casos, devido às deformações físicas dos indivíduos, as variáveis não são possíveis de serem mensuradas.

No Brasil, instituições como a Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD), uma entidade privada e sem fins lucrativos, trabalham desenvolvendo e fabricando produtos personalizados como órteses e próteses para pessoas com deficiência física. Instituições como esta, realizam o levantamento antropométrico pelo método manual através da obtenção de moldes de gesso diretamente no paciente. Em algumas unidades da AACD como na unidade localizada na cidade de São Paulo já estão sendo desenvolvidos levantamentos antropométricos por meio de um *scanner* de luz branca. Porém, é um sistema que requer um alto investimento financeiro.

Conforme Guimarães (2002, p.04) os investimentos devem se concentrar nas aquisições de tecnologias computacionais que permitam ganhos de tempo, facilidade de transporte, baixo custo, precisão no projeto e análise de produtos.

A mesma autora ressalta a importância do designer empregar tecnologias que venham a baixar o custo e agilizar o processo de obtenção de dados no âmbito da antropometria em que apresenta grande relevância para o aperfeiçoamento de

projetos de produtos, principalmente, para projetos que exijam a personalização de medidas, como os projetos de Tecnologia Assistiva.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa ficará restrita ao conhecimento da antropometria que trata das características físicas dos seres humanos. Irá analisar as variáveis da antropometria estática. Não faz parte do escopo da pesquisa, analisar a antropometria dinâmica e a antropometria funcional, visto que o objetivo é levantar dados da antropometria estática e não analisar o movimento do usuário com o produto, seus alcances e a análise da tarefa através da ação do usuário no produto.

Portanto, a investigação se delimita nos processos utilizados para obtenção de parâmetros antropométricos diretos e indiretos. Em sistemas de digitalização 3D mais utilizados para levantamentos antropométricos, que são: a fotogrametria, digitalização tridimensional a *laser* e a digitalização tridimensional por luz branca. Também, à investigação de sistemas de digitalização 3D que apresentem sistemas de baixo custo.

1.3 PROBLEMA DA PESQUISA

Como obter parâmetros antropométricos, sem o contato físico com o sujeito, com baixo custo, de forma rápida e compatível às medidas antropométricas obtidas pelo método manual, de modo em que os parâmetros obtidos possam auxiliar posteriormente no desenvolvimento de projetos de produtos?

1.4 HIPÓTESE DA PESQUISA

Através do desenvolvimento de um método para obtenção de dados antropométricos que permita realizar medições de forma rápida e compatível aos parâmetros antropométricos obtidos pelo método manual, utilizando um sistema com baixo custo, será possível contribuir posteriormente no desenvolvimento de projetos de produtos adequados às características dos usuários.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo geral

Desenvolver um método para obtenção de parâmetros antropométricos utilizando um digitalizador tridimensional de baixo custo e, assim, auxiliar em parâmetros de projeto para o desenvolvimento de projetos de produtos.

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar a importância da antropometria no desenvolvimento de projetos de produto e de Tecnologia Assistiva e sua relação com a adequação do produto ao usuário.
- Analisar as técnicas de levantamento antropométrico pelo método direto a fim de adquirir subsídios para realização do levantamento pelo mesmo método e, assim, obter como resultado uma tabela-base de medidas antropométricas para fins de comparação e avaliação com o método indireto.
- Analisar e comparar as principais técnicas de digitalização 3D do corpo humano, por revisão de literatura, a fim de obter suporte para o desenvolvimento de um método que contemple um sistema de baixo custo.
- Verificar a aplicabilidade do método desenvolvido nesta pesquisa através da comparação entre medidas antropométricas obtidas pelo método direto e pelo método indireto e, posteriormente, a avaliação dos resultados.

1.6 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A presente pesquisa científica contribui no sentido de melhorar a qualidade de vida das pessoas, a partir do desenvolvimento de projetos de produtos que atendam suas características antropométricas. A motivação para o desenvolvimento desta pesquisa se torna patente quando se reconhece a necessidade da obtenção de dados antropométricos cada vez mais personalizados e do desenvolvimento de um método para esta obtenção que seja de baixo custo.

Bersch (2009, p.79) coloca que se deve levar em consideração os custos do projeto de TA antes mesmo de iniciá-lo, sendo que estes possuem muitas especificidades que devem ser atendidas e podem encarecer o custo do produto final. Portanto, essas questões devem ser ponderadas para tornar o produto

acessível e não prejudicar sua qualidade, como a redução da variabilidade, dos ajustes e da modularidade dos equipamentos.

Torna-se, assim, evidente a contribuição da presente pesquisa nas questões Sociais e de Saúde Pública. O desenvolvimento de um método, que possibilitará o levantamento de dados antropométricos, de maneira mais fácil, eficiente e de baixo custo, poderá auxiliar no desenvolvimento de projetos de produtos e produtos de Tecnologia Assistiva.

Estatísticas mundiais mostram o elevado aumento no número de pessoas com deficiência e idosos (NOWAK, 1996). Entre as décadas de 2000 e 2010, houve um aumento considerável da população mundial de idosos e deficientes físicos. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, Censo 2000, os resultados mostravam que, 24.600.256 pessoas no Brasil, ou 14,5% da população total brasileira, apresentavam algum tipo de incapacidade ou deficiência (IBGE, 2000). Já conforme resultados do Censo 2010, houve um aumento notável de pessoas com algum tipo de deficiência, passando de 14,5% para 23,9%, ou seja, 45.623.910 pessoas. Também, há um significativo aumento de idosos no Brasil, que conforme o último censo, 2010, existem 14.081.480 com mais de 65 anos (IBGE, 2010).

Tendo em vista o expressivo número de pessoas com algum tipo de deficiência física e de pessoas idosas no Brasil e considerando que produtos de Tecnologia Assistiva têm como objetivo auxiliar e melhorar a autonomia, funcionalidade e qualidade de vida dessas pessoas, evidencia-se a necessidade de projetar produtos e equipamentos mais adequados às características antropométricas dos usuários. No final da década de 1990, percebeu-se a relevância em desenvolver projetos de produtos para pessoas com deficiência física, entretanto um fator limitante tem sido a falta de dados e recursos antropométricos (HOBSON e MOLENBROEK, 1990). Com isso, a presente pesquisa vai ao encontro desta demanda crescente, na medida em que busca facilitar o processo de obtenção de dados antropométricos para o desenvolvimento de projetos de produtos mais adequados às características físicas do usuário.

Marshall (2002) afirma que cada vez mais se torna essencial que os designers atendam aos requisitos desse aumento populacional em projetos voltados para o público de idosos e deficientes e, com isso, há a necessidade do acesso às

informações sobre a antropometria. No entanto, é bem sabido que os produtos nem sempre são projetados para incluir as características destas populações.

Devido à falta de dados antropométricos em fontes bibliográficas ou banco de dados, de crianças, idosos, grávidas e deficientes físicos, o método desenvolvido nesta pesquisa poderá auxiliar no emprego dos dados obtidos para desenvolver projetos mais adequados ao usuário.

A quantidade de referências disponíveis que existem sobre as informações antropométricas para auxiliar no projeto de produto, além de tratar de critérios gerais de projeto, é insuficiente para desenvolver projetos mais específicos ou personalizados.

Também, é importante salientar que as características antropométricas das pessoas com deficiência física diferem das pessoas sem deficiência e desenvolver um recurso que obtém dados antropométricos, a fim de captar suas singularidades, se torna fundamental para uma melhor adequação do produto a essas populações. Do ponto de vista do Design, tornou-se evidente a necessidade de medidas adicionais, especialmente relacionadas aos ângulos e deformidades do corpo (HOBSON e MOLENBROEK, 1990). Também, em pessoas com deficiências físicas, que necessitam utilizar produtos personalizados, o método desenvolvido possibilitará a obtenção de medidas antropométricas sem o contato físico, possibilitando a eliminação do processo de obtenção de medidas antropométricas por molde de gesso.

Silva *et al.* (2010) concluem em seu trabalho que o designer deve estar na vanguarda da tecnologia e colaborar com o desenvolvimento de novas técnicas para o processo de desenvolvimento de projetos de produtos e não se limitar a utilizar apenas as técnicas e tecnologias já existentes. Afirmam, ainda, que a digitalização tridimensional é uma técnica que vem a acrescentar agilidade, qualidade e inovação para novos projetos de produto.

A aplicação da antropometria em modelos de corpos humanos 3D, por digitalizadores tridimensionais, fornece um banco de dados que podem ser posteriormente processados para fabricar produtos personalizados (JONES e RIOUXB, 1997).

1.7 ESTRUTURA DA PESQUISA

Esta pesquisa está organizada em 6 capítulos, dos quais o capítulo 1, introdução, apresentada o fenômeno de pesquisa a ser abordado, contextualiza o assunto e delimita o escopo da pesquisa. Neste capítulo é exposto o problema de pesquisa, a hipótese a ser verificada, os objetivos a serem atingidos e justifica a relevância e o porquê da realização do tema escolhido.

O capítulo 2, fundamentação teórica, compreende assuntos relacionados ao tema deste trabalho: processo de Design e o desenvolvimento de produtos personalizados e de tecnologia assistiva, antropometria, métodos para obtenção de parâmetros antropométricos e digitalizações tridimensionais.

Assim, a fundamentação teórica foi dividida em duas partes principais: a primeira aborda assuntos relacionados, principalmente, aos levantamentos antropométricos estáticos pelo método manual e, a segunda, os métodos e sistemas de levantamento antropométrico por digitalizadores tridimensionais.

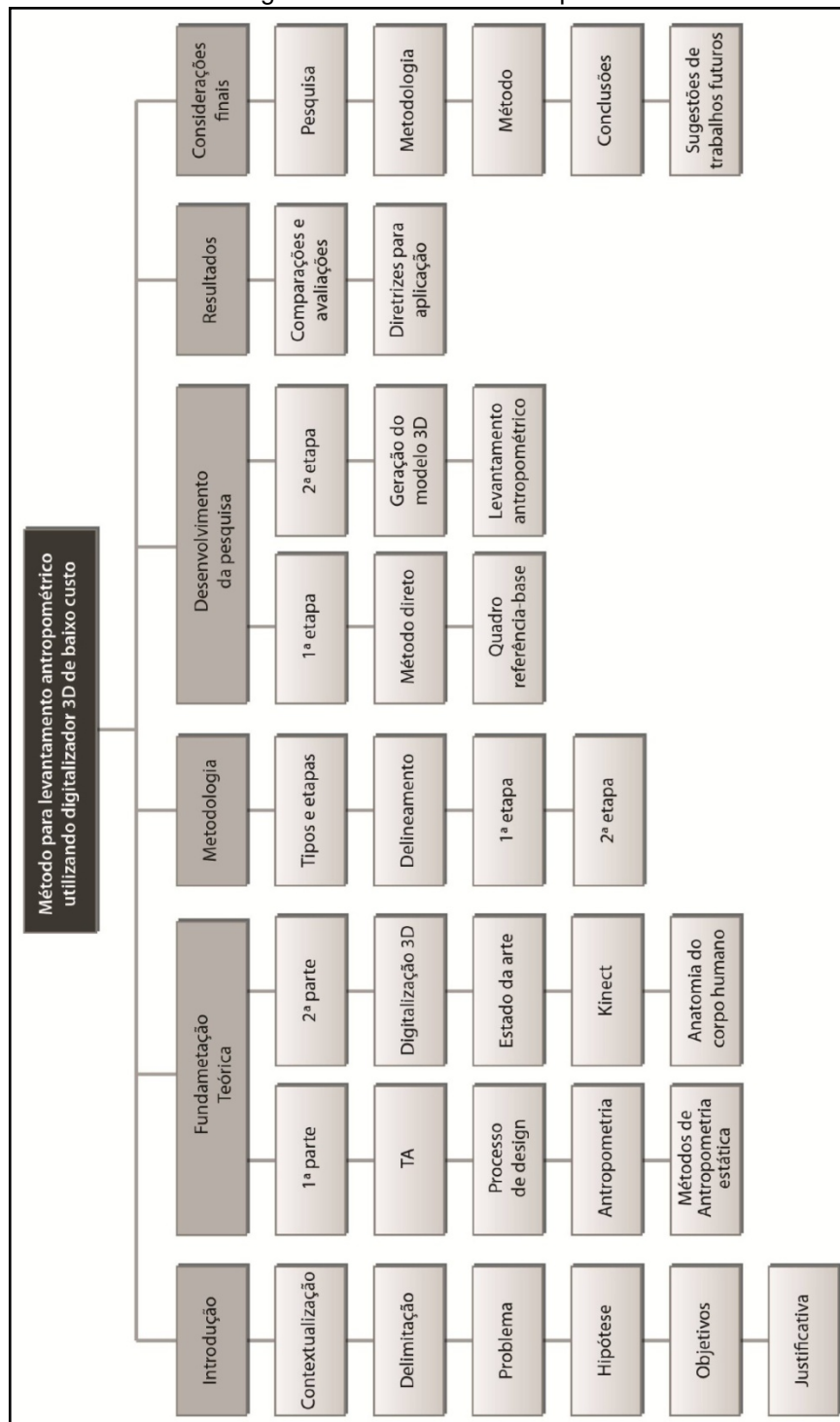
O capítulo 3 apresenta a metodologia da pesquisa que descreve os procedimentos metodológicos adotados na presente pesquisa. São descritos os tipos e etapas que serão abordados bem como o delineamento da pesquisa. Os procedimentos metodológicos foram divididos em duas etapas: levantamento antropométrico pelo método direto e desenvolvimento do levantamento antropométrico utilizando um sistema com baixo custo e de forma indireta.

O capítulo 4 corresponde ao desenvolvimento da pesquisa, em que é apresentado e descrito o desenvolvimento das etapas do processo metodológico. Na primeira etapa é gerada uma tabela com os dados obtidos pelo método direto para fins de comparação e avaliação com os dados obtidos pelo método proposto. Na segunda etapa, é descrito o processo de geração do modelo tridimensional do indivíduo, utilizando o *Microsoft Kinect* como *scanner* e o *software kscan3D* para união das malhas tridimensionais. Na sequência, é apresentado o processo de levantamento antropométrico realizado no modelo tridimensional através do *software Autodesk 3D Studio Max*.

O capítulo 5 apresenta os resultados obtidos no desenvolvimento da pesquisa e a discussão. Entre os resultados estão: a apresentação do método proposto, as comparações entre os resultados obtidos bem como a avaliação dos respectivos métodos. Além disso, um quadro-resumo com recomendações e limitações para o processo de digitalização tridimensional e diretrizes para aplicação dos dados

antropométricos no processo de Design. O capítulo 6 corresponde à finalização da pesquisa, apresentando as considerações finais, a metodologia empregada e o método desenvolvido. Também, são descritas as conclusões e sugestões para futuros trabalhos de pesquisa para continuidade do trabalho desenvolvido. A figura 02 apresenta o desenho da estrutura da pesquisa.

Figura 2 - Estrutura da Pesquisa.



Fonte: autora.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica será dividida em duas partes. Na primeira parte, serão revisados conceitos importantes para o desenvolvimento da pesquisa, referentes à antropometria e sua relevância no processo de Design, principalmente em produtos que requer personalização das medidas como os produtos de Tecnologia Assistiva. Será analisado, também, o método de obtenção de medidas antropométricas pelo sistema direto.

Na segunda parte, serão abordadas questões pertinentes às digitalizações 3D do corpo humano bem como o estado da arte dos métodos diretos e indiretos utilizados para obtenção de medidas antropométricas e, com isso, obter suporte para o desenvolvimento do método para levantamento de parâmetros antropométricos utilizando um sistema de baixo custo. O objetivo deste capítulo, portanto, é obter subsídios teóricos para auxiliar na resolução do problema desta pesquisa.

2.1 PRIMEIRA PARTE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A primeira parte da fundamentação teórica tem como objetivo obter informações relevantes para realização do levantamento de parâmetros antropométricos pelo método direto. Para isso, serão abordadas questões pertinentes para que possam responder as seguintes perguntas: como são obtidas as medidas antropométricas? Quais são os instrumentos utilizados e suas finalidades? Quais são os pontos anatômicos corretos no corpo humano que fazem relação com as variáveis que serão mensuradas?

Ainda, questões sobre a relação da antropometria no desenvolvimento de projetos de produtos mais adequados ao usuário final e o processo de Design Centrado no Usuário (UCD). Assuntos relacionados à Tecnologia Assistiva e suas definições, classificação e avaliação da TA no processo de Design.

2.1.1 Produtos de Tecnologia Assistiva: classificação e avaliação no processo de Design

Para os designers, projetar é uma atividade realizada com o objetivo de suprir alguma necessidade. Löbach (2000) relata que Design pode ser considerado um projeto ou um plano para a solução de um problema determinado. Design de produtos lida com a criação e o estudo de objetos capazes de nos auxiliar nos

afazeres do dia a dia procurando a melhor interação entre produto e usuário. Conforme Fonseca e Lima (2008, p. 590-592) uma ramificação desse conjunto Design e Tecnologia, que se expressa por meio do que se cunhou de “Tecnologia Assistiva”, compreende os conhecimentos e os dispositivos a eles associados, cuja função principal é auxiliar pessoas com necessidades especiais no desempenho de suas funções, reduzindo incapacidades para a realização de atividades da vida diária e da vida prática.

Portanto, Tecnologia Assistiva (TA) é compreendida como todo arsenal de recursos, expressos por diversas formas, sejam equipamentos, dispositivos ou adaptações, podendo ser um produto de baixa tecnologia ou alta tecnologia, mas que, ao fim, permitam ao indivíduo uma melhora em suas ações no que tange, fundamentalmente, a interação que mantém com o meio ambiente proporcionando autonomia e sentimento de ser capaz (FONSECA e LIMA, 2008, p. 591). Para Rocha (2006, p.67), TA se refere à área da tecnologia voltada aos equipamentos de ajuda, utensílios, mobilidade, órteses e próteses, para pessoas com alguma deficiência.

Vários autores fazem referência às definições para o termo TA como Hersh e Johnson, (2008); Digiovine *et al.*, (2007); Johnstone, (2001); Barnes, (1994), e todas definições são baseadas na superação das barreiras ou na superação das dificuldades do usuário que possui alguma deficiência física e / ou no melhoramento das suas capacidades funcionais através do uso da TA. Portanto, afirmam que a Tecnologia Assistiva é um termo genérico ou guarda-chuva, que abrange tecnologias, produtos, serviços e sistemas utilizados por idosos ou pessoas com algum tipo de deficiência ou dificuldade, para aumentar sua independência e participação na sociedade e / ou capacitá-los a realização de atividades que seriam difíceis, perigosas ou impossíveis de serem realizadas (HERSH, 2010).

Hersh (2010) classifica os produtos, dispositivos e serviços de TA da seguinte forma:

- Produtos Padronizados: produtos concebidos para a "população em geral" e que podem ser obtidos facilmente em lojas de varejo e outros. São frequentemente projetados sem levar em conta as necessidades dos deficientes e outros grupos de pessoas;
- Design para Todos ou Desenho Universal de Produtos: uma abordagem de Design que tem como objetivo tornar os produtos acessíveis e utilizáveis por

uma ampla gama de usuários, independentemente de fatores, tais como, a deficiência, idade, tamanho, cultura, etnia ou classe;

- Produtos de Apoio: são projetados para remover as barreiras que as pessoas com deficiência e idosos encontram;
- Produtos de Reabilitação: são projetados para restabelecer o funcionamento das pessoas com deficiência ou idosos ou pessoas que passam por problemas físicos e de saúde;
- Produtos Médicos: são projetados para atingir uma variedade de práticas na área da saúde.

Wang *et al.* (2009) afirmam que para projetar produtos de TA é fundamental considerar o usuário final do produto. Para isso, deve-se levar em conta as habilidades do usuário, o meio ambiente em que está inserido e suas características antropométricas a fim de determinar quais serão os requisitos e necessidades deste usuário para que o produto seja mais adequado a ele. Esse processo é denominado Design Centrado no Usuário (UCD) e será detalhado no item 2.1.2.

2.1.2 Processo de Design e o envolvimento do Usuário Final nos produtos personalizados

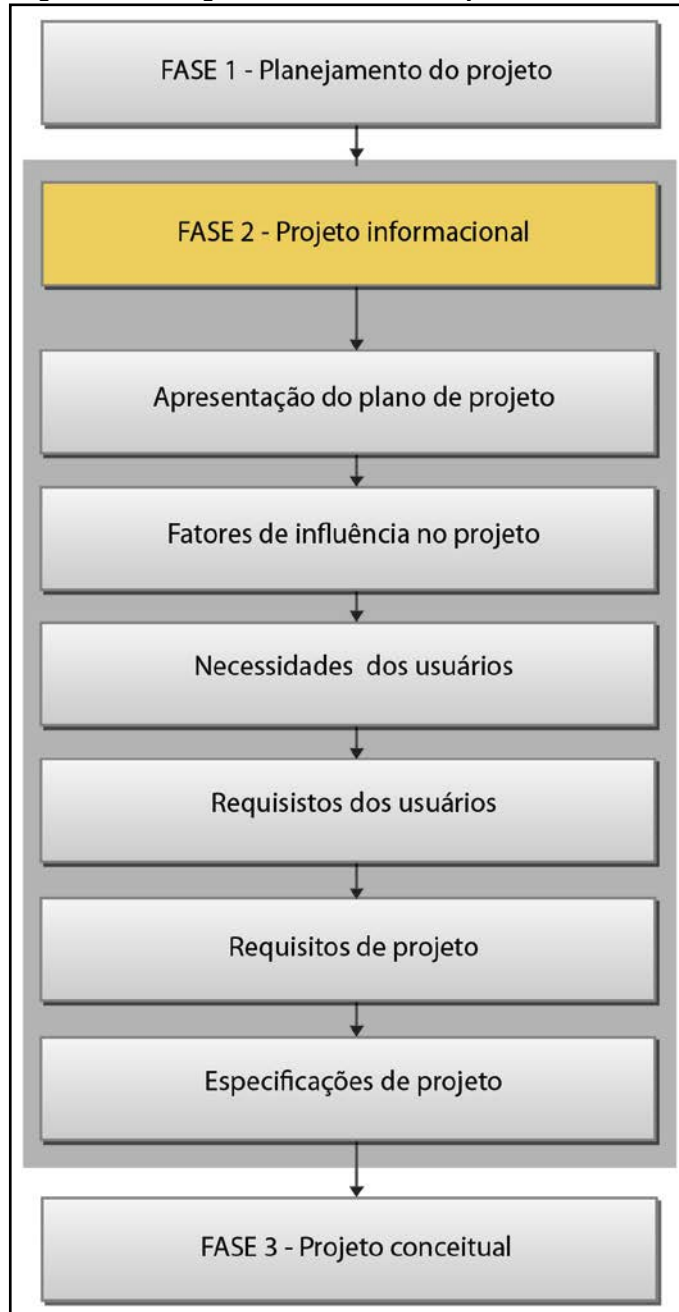
Para o desenvolvimento do projeto de produto, do ponto de vista industrial, o ideal seria fabricar um único tipo de produto padronizado, pois isso reduziria os custos. Contudo, para os usuários e / ou consumidores, isso nem sempre proporciona conforto e segurança. Para Lida (2005, p.143), a adaptação do produto ao usuário se torna mais crítica no caso dos produtos de uso individual como vestuário, calçados e equipamentos. Segundo o mesmo autor, um produto melhor adaptado à anatomia do usuário significa maior conforto, menos risco de acidente e melhor desempenho e diminuição do abandono do equipamento de TA.

O desenvolvimento de produtos, segundo Back *et al.* (2008, p.4), é um conceito amplo que compreende aspectos desde a pesquisa de mercado, o projeto de produto, projeto do processo de fabricação, plano de distribuição e manutenção até o descarte do produto. Ainda, Back *et al.* (2008, p.05) descrevem a sequência de fases pelas quais se desenvolve o produto, como: planejamento do projeto, projeto informacional e projeto conceitual, conforme ilustrado na figura 03.

Portanto, é na fase Projeto Informacional, conforme apresentado na figura 03, que são determinadas as especificações de projeto de produto. São contempladas

as necessidades dos usuários, os requisitos dos usuários e os requisitos de projeto. Também, outros autores como Rozenfeld *et al.* (2006), classificam em Projeto Informacional a fase na qual são levadas em consideração as características físicas dos usuários como os dados antropométricos.

Figura 3 - Fluxograma da Fase de Projeto Informacional.



Fonte: Adaptado de Back *et al.* (2008, p.76).

Para Lida (2005, p.323-324), o desenvolvimento de projeto de produto encontra-se dividido em quatro etapas, nas quais, sempre o estudo antropométrico deve estar atrelado.

- Primeira etapa: Definição, quando se deve examinar o perfil do usuário e, assim, os requisitos e especificações para o produto.
- Segunda etapa: Desenvolvimento, na análise da tarefa (atividade) do produto, nas análises das interfaces, informações e controles dos produtos.
- Terceira e Quarta etapa: Detalhamento e Avaliação, em que são detalhados os componentes e o procedimento do projeto, a adaptação às interfaces e a avaliação após o teste com o usuário e, caso necessário, são realizados os reajustes. A figura 04 exemplifica este processo metodológico.

Figura 4 - Participação da antropometria nas diversas etapas do desenvolvimento de produtos.

Etapas	Atividades gerais	Participação da ergonomia
<i>Definição</i>	Examinar as oportunidades; Verificar as demandas; Definir objetivos do produto; Elaborar as especificações; Estimar custo/benefício.	Examinar ao perfil do usuário; Analisar os requisitos do produto.
<i>Desenvolvimento</i>	Analisar os requisitos do sistema; Esboçar a arquitetura do sistema; Gerar alternativas de soluções; Desenvolver o sistema.	Analisar as tarefas/atividades; Analisar a interface: - informações; - controles.
<i>Detalhamento</i>	Detalhar o sistema; Especificar os componentes; Adaptar as interfaces; Detalhar os procedimentos de teste.	Acompanhar os detalhamentos.
<i>Avaliação</i>	Avaliar o desempenho; Comparar as especificações; Fazer os ajustes necessários.	Testar a interface com o usuário.
<i>Produto em uso</i>	Prestar serviço pós-venda; Adquirir experiência para outros projetos.	Realizar estudos de campo junto aos usuários e consumidores.

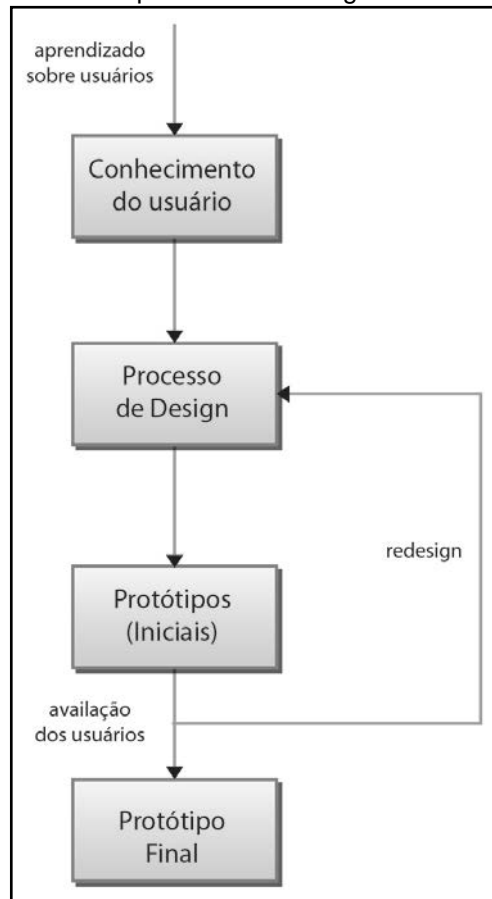
Fonte: Adaptado de Lida (2005, p.324).

Porém, no desenvolvimento de produtos de TA e produtos personalizados, o uso do modelo do processo de Design Centrado no Usuário (UCD) é particularmente o mais apropriado (WU *et al.*, 2009). Buurman (1997) *apud* Wu *et al.* (2009) defende o processo de UCD porque há o envolvimento do usuário em todas as etapas do processo de projeto. WU *et al.* (2009) trazem outros autores que utilizam o UCD no processo de Design, tais como: Green *et al.*, (1999); Hypponen, (1999); Pahl *et al.* (1996); Roozenberg e Ekels, (1995); Ulrich e Eppinger, (2008).

O Design Centrado no Usuário é um processo importante para o desenvolvimento de produtos personalizados, uma vez que os designers terão requisitos mais precisos em relação ao usuário final do produto.

Neste modelo, as medidas antropométricas também se encontram atreladas às etapas do processo, conforme é demonstrado no modelo proposto por Hersh (2010) na figura 05.

Figura 5 - Modelo do processo de Design Centrado no Usuário.



Fonte: Adaptado de Hersh (2010).

Neste modelo, a primeira etapa compreende o estudo sobre os usuários e as tarefas. Na segunda etapa, usa-se o conhecimento das necessidades dos usuários para os requisitos e restrições do projeto. A seguir, na terceira etapa são apresentados protótipos ao usuário para avaliação e, na última etapa, é reavaliado o projeto conforme as questões identificadas nas etapas anteriores. Realiza-se assim, um ciclo interativo de teste, design, medidas e redesign (HERSH, 2010).

Portanto, conforme o modelo de Hersh (2010) as medidas antropométricas são fundamentais para o desenvolvimento de projeto de produto, principalmente, em se tratando de produtos personalizados, como os produtos de TA. Assim, as

questões relacionadas à antropometria serão abordadas mais profundamente nos próximos itens, 2.1.3 ao 2.1.6.

2.1.3 Antropometria como ferramenta para auxílio no desenvolvimento de produtos

Conforme Panero e Zelnik (2002, p.18), ergonomia já foi definida como “tecnologia de projeto” baseando-se em ciências biológicas como anatomia, fisiologia e psicologia. Também, definem em outro momento que “ergonomia é simplesmente uma ciência interdisciplinar que estuda as relações entre as pessoas e seus ambientes”.

A ergonomia parte do conhecimento do homem para fazer o projeto do trabalho ajustando-o às suas capacidades e limitações. Portanto, “inicia-se com o estudo das características do trabalhador para, depois, projetar o trabalho que ele consegue executar, preservando a saúde” (IIDA, 2005, p.05-08).

Existem diversas definições de ergonomia e a definição mais antiga é da *Ergonomics Research Society*, 1950, que relata a ergonomia como:

Estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento, ambiente e, particularmente, a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas que surgem desse relacionamento (IIDA, 2005, p.02).

No Brasil, a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) define, em 1983, ergonomia como:

Estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas (IIDA, 2005, p.02).

Paschoarelli (1997, p.05) afirma que o Design determina métodos para desenvolvimento de produtos e a Ergonomia ajusta estes produtos às necessidades e às capacidades humanas. Portanto, são disciplinas científicas que compreendem a relação homem X tecnologia. Iida (2005, p.03) relata que a ergonomia está sendo trabalhada cada vez mais em domínio especializado, dividindo-se em três as características específicas a serem abordadas. São elas: a ergonomia física, a cognitiva e a organizacional.

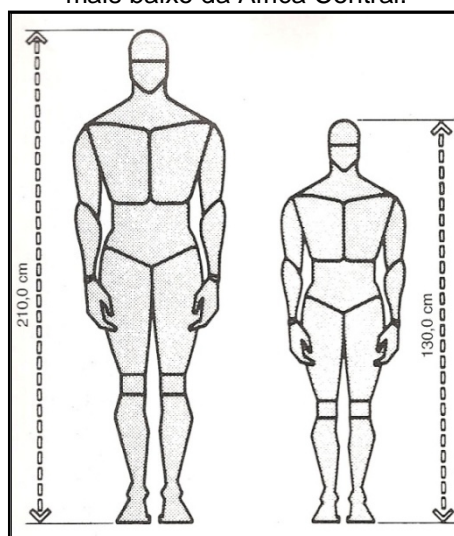
Conforme Pequini (2005, p.8.1), a antropometria passa a ser utilizada como referência em requisito de projeto de produto, definindo dados relevantes para um desenvolvimento de produto.

Entretanto, foi apenas em 1950, que a antropometria passou a ser reconhecida como disciplina (SIMMONS, 2001). A antropometria tem contribuído para a melhoria da qualidade dos produtos de consumo, adaptando-os melhor às necessidades e características do consumidor.

Deve-se avaliar para o projeto de um produto, seu público alvo, e considerar a grande variação corporal entre etnias, sexo, idade, fatores socioeconômicos bem como suas particularidades e necessidades em função das limitações e capacidades humanas.

Panero e Zelnik (2002, p.25) demonstram na figura 06 um exemplo dessa variação antropométrica quanto às questões étnicas, como a diferença de estatura dos homens mais baixos em comparação com os mais altos.

Figura 6 - Comparação da diferença de estatura do nilota mais alto do sul do Sudão com o pigmeu mais baixo da África Central.

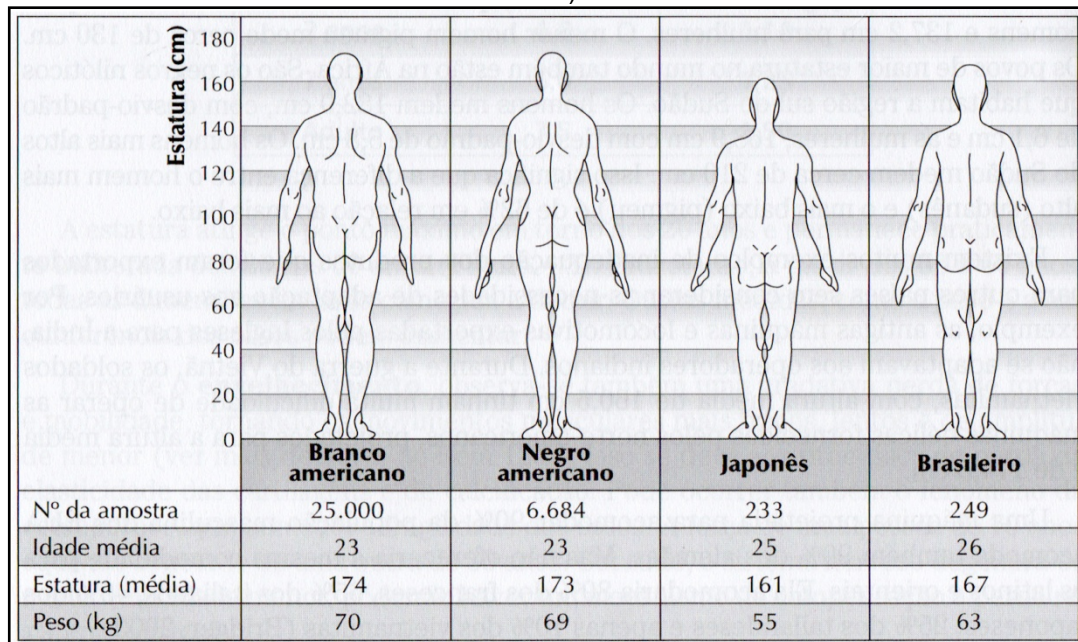


Fonte: Panero e Zelnik, 2002, p.25.

lida (2005, p.102) também ilustra essas diferenças antropométricas entre as diferentes etnias, conforme a figura 07.

Segundo Schoenardiea *et al.* (2011, p.35) “um produto irá exercer plenamente sua função se for, dentre outros requisitos, bem dimensionado, tanto técnica quanto antropometricamente”. Assim, o desempenho do produto, que está atrelado à sua função pode ser otimizado a partir da consideração dos dados antropométricos corretos.

Figura 7 - As proporções corporais são típicas de cada etnia e se mantêm inalteradas, mesmo que haja uma evolução da estatura média da população (Newman e White, 1951; Ishii, 1957; Siqueira, 1976).



Fonte: Lida (2005, p.102).

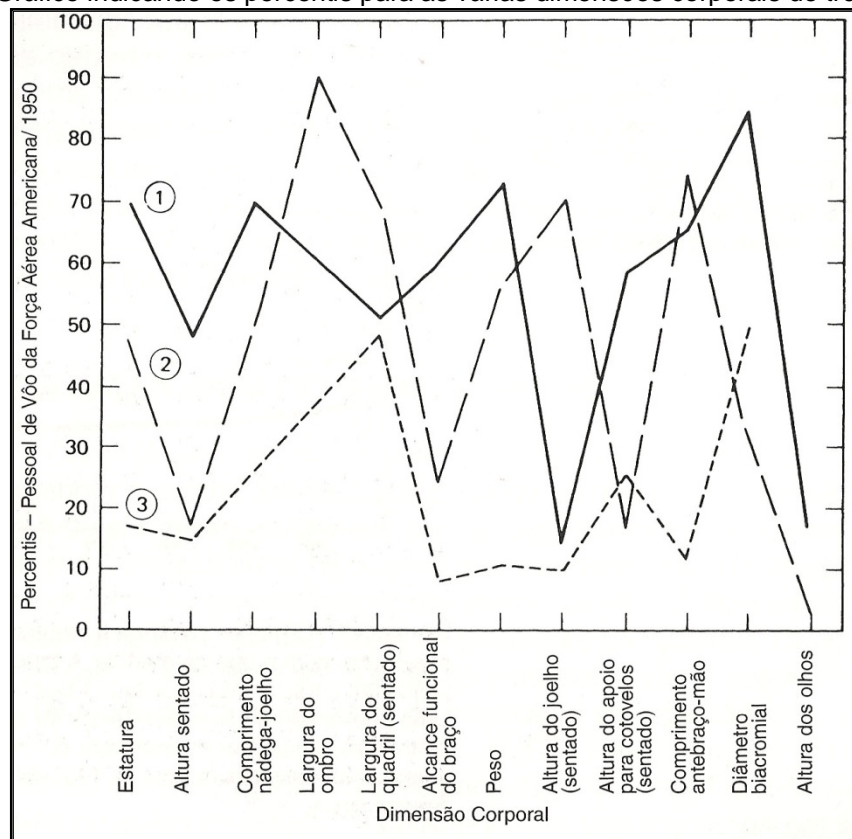
Para isso, é necessária a identificação de quais dados antropométricos serão considerados para cada projeto e, assim, afirmar que a antropometria tem valor fundamental para o Design (SCHOENARDIEA *et al.*, 2011, p.35).

2.1.4 A Falsa ideia do “Homem Médio”

A maior parte dos dados antropométricos é frequentemente expressa em percentis. Percentis “indica a porcentagem de pessoas dentro da população que tem uma dimensão corporal de um certo tamanho” (PANERO e ZELNIK, 2002, p.34).

A população é dividida em 100 categorias percentuais para cada variável do corpo humano. Para a variável “estatura”, por exemplo, o percentil 1 (figura 07) indica que 99% da população estudada teriam alturas maiores e 1% igual ou menor. Da mesma forma, o percentil 95 para a variável estatura indicaria que somente 5% da população estudada teriam alturas maiores e que 95% dessa população teriam a mesma altura ou menores. Portanto, o percentil 50 representa o valor médio de uma dimensão para determinado grupo, mas jamais deve ser entendido como homem médio de uma população (PANERO e ZELNIK, 2002, p.34). Este argumento está exemplificado da figura 08.

Figura 8 - Gráfico indicando os percentis para as várias dimensões corporais de três indivíduos.

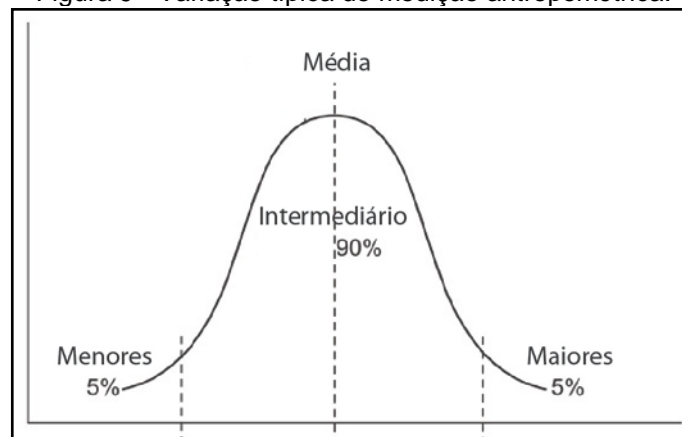


Fonte: Panero e Zelnik (2002, p.35).

Cada linha do gráfico representa uma pessoa. Observe que o indivíduo representado pela linha cheia, por exemplo, mostra um percentil 70 de comprimento nádega-jelho, um percentil 15 de altura do joelho, quando sentado e um percentil 60 de altura do ombro. Se todas as dimensões corporais fossem equivalentes ao mesmo percentil, este fato seria mostrado pelo gráfico como uma linha horizontal reta (PANERO E ZELNIK, 2002, p.35).

A distribuição destas variáveis ou percentis numa população tendem a seguir uma curva “em forma de sino”, tal como ilustrado na Figura 09. Tem sido prática comum para os designers desenvolverem produtos que abranjam os 90% de uma variável. No entanto, esta abordagem pode excluir os 5% menores e os 5% maiores desta variável. Por isso, sempre haverá um produto não adequado a uma certa porcentagem da população. Na prática, os números excluídos provavelmente são ainda maiores, tal como os que são excluídos pela altura podem não ser os mesmos que os excluídos pelo comprimento do braço (CLARKSON, 2008, p.167).

Figura 9 - Variação típica de medição antropométrica.



Fonte: Adaptado de Clarkson (2008, p.167).

Simmons (2001) afirma que não há duas pessoas iguais em todas as suas características mensuráveis e essa singularidade tem sido objeto de estudos e pesquisas há mais de 200 anos.

Portanto, é fundamental uma definição correta da população usuária em termos de idade, sexo, etnia e profissão. Se é um produto utilizado por um único usuário, necessitando de personificação nos dados antropométricos, ou se é um produto para uso de um grupo maior de pessoas (CLARKSON, 2008).

Esta definição correta da população usuária é realizada por meio da antropometria na qual lida (2005, p.109-110) faz uma classificação quanto ao tipo de obtenção dos dados antropométricos. A antropometria se classifica em três categorias: estática, dinâmica e funcional.

- Antropometria estática: é aquela em que as medidas se referem ao corpo parado ou com poucos movimentos e as medições são realizadas entre pontos anatômicos claramente identificados (IIDA, 2005, p.116).
- Antropometria dinâmica: mede os alcances dos movimentos. Os movimentos de cada parte do corpo são medidos mantendo o resto do corpo estático. É aplicado no caso da exigência de produtos ou espaços e alcances que requerem muitos movimentos corporais (IIDA, 2005, p.123-128).
- Antropometria funcional: está relacionada à execução de tarefas específicas. Analisa não apenas a antropometria estática e dinâmica, mas também as funções que cada parte do corpo irá exercer para realizar uma determinada ação (IIDA, 2005, p.123-128).

No item 2.1.5 será analisado o levantamento de medidas antropométricas pelo método direto considerando a antropometria estática.

2.1.5 Método para levantamento antropométrico direto ou manual para antropometria estática

O objetivo deste item é analisar e entender como é o método de levantamento de dados antropométricos pelo processo direto ou manual. Quais são os instrumentos utilizados no procedimento e como são estabelecidas as variáveis que serão mensuradas no corpo humano.

É realizado um breve histórico sobre a antropometria, relatando quando começou sua utilização e aplicação nos projetos de produtos. Também, é enfatizada a falta de dados antropométricos em bibliografias e banco de dados, ressaltando o quão carentes são as pesquisas na área da antropometria.

2.1.5.1 Breve histórico

As medidas antropométricas estáticas já vêm sendo realizadas há algum tempo, há pelo menos 200 anos segundo Simmons (2001), e o trabalho pioneiro neste âmbito data de 1870, com o livro “*Anthropometrie*¹” de Quetlet (PANERO e ZELNIK, 2002, p.23).

Em 1919, foi realizada uma coleta significativa de 100.000 soldados americanos, no qual consta o primeiro estudo em que as variáveis mensuradas vão além do peso e altura (PANERO e ZELNIK, 2002, p.26).

Na década de 1940, com a necessidade de obtenção dos dados antropométricos em função da II Guerra Mundial, o setor industrial-militar impulsionou as pesquisas nesta área, com estudos preparados pela Força Aérea Americana e Força Aérea e Marinha Britânicas, destacando o estudo de 1946 feitos por Randall, Damon, Benton e Patt – “*Human Body Size in Military Aircraft and Personnel Equipment*²” (PANERO e ZELNIK, 2002, p.26).

Porém, foi na década de 1950 que os estudos antropométricos começaram a adquirir um significado econômico. As medidas antropométricas são realizadas principalmente nos EUA e Alemanha e, a partir de 1990, também nos povos asiáticos em função da emergência econômica (IIDA, 2005, p.116).

A fonte mais abrangente de dados antropométricos que existe atualmente em todo o mundo é o “*Anthropometric Source Book*³” publicado em três volumes pela

¹ Antropometria (traduzido pela autora).

² Medidas do Corpo Humano em Aeronaves e Equipamentos Militares Personalizados (traduzido peloa autora).

³ Livro de Referência Antropométrica (traduzido peloa autora).

NASA (PANERO e ZELNIK, 2002, p.27). Entretanto, nota-se que os estudos são realizados em militares do sexo masculino (NORTON *et al.*, 2001). Existem poucos estudos e pesquisas no campo da antropometria realizadas em civis (PANERO e ZELNIK, 2002, p.27).

Para o Design, é mencionado o trabalho de “*Human Scale*⁴” de 1974, por Diffrient, Tilley e Bardagiy, baseado em medidas norte-americanas. Também importante é a publicação de Paneiro e Zelnik de 2002, com o livro “*Human Dimension & Interior Space*⁵” (IIDA, 2005, p.120).

No Brasil, é considerado o levantamento realizado pelo Instituto Nacional de Tecnologia – INT em 1988, realizado em 26 empresas do Rio de Janeiro. Porém, foram medidos apenas homens adultos e, o trabalho do Couto, em 1995, apresentando um levantamento em trabalhadores, também do sexo masculino, na região do ABC paulista (IIDA, 2005, p.122).

2.1.5.2 Métodos e instrumentos

A metodologia “permite saber como a pesquisa foi planejada e executada; quais foram as variáveis medidas; como foram feitas as medidas e análises; e que tipo de cuidados ou controles foram exercidos durante o experimento” (IIDA, 2005, p.33). Os métodos para realizar as medições antropométricas se classificam basicamente em dois tipos: diretos e indiretos.

Os métodos diretos, segundo Iida (2005, p.35) envolvem instrumentos que entram em contato físico com o indivíduo a ser mensurado. Usam-se réguas, trenas, fitas métricas, esquadros, paquímetros, transferidores, balanças, dinamômetros e outros instrumentos semelhantes. Os métodos indiretos, segundo o mesmo autor, podem ser realizados por diferentes sistemas e tipos de digitalizadores tridimensionais do corpo humano.

O levantamento dos parâmetros antropométricos compreende as etapas de definição de objetivos, definição das variáveis a serem medidas, do detalhamento ou precisão com que essas medidas devem ser realizadas, a escolha do método, seleção de amostra e as análises estatísticas, que orientam o pesquisador em saber “onde” e “para que” está sendo realizado esse levantamento antropométrico (IIDA, 2005, p.33-40). Para tanto, é necessário compreender a “técnica de amostragem”

⁴ Escala Humana (traduzido pelo a autora).

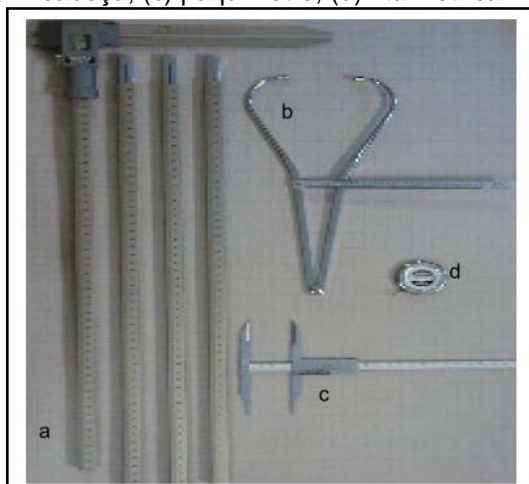
⁵ Dimensão Humana e Espaço Interior (traduzido pelo a autora).

que, segundo Lida (p.47, 2005), consiste em selecionar um número limitado de sujeitos que participarão da pesquisa, reproduzindo da melhor forma possível às características presentes do universo que eles representam.

A seleção de dados antropométricos adequados se baseia no problema específico de cada projeto. Em outras situações, pode ser necessário definir um projeto com capacidade intrínseca de regulação ou ajuste. A gama de regulações deve ser baseada na antropometria do usuário, na natureza da tarefa e nas limitações físicas ou mecânicas envolvidas.

Para as medições diretas, Lida (2005, p.97) coloca que medir as pessoas, aparentemente, seria uma tarefa fácil, bastando para isso ter os equipamentos de medições adequados como régua, trena e balança. Entretanto, Lida (2005, p.97) afirma que isso não é tão simples assim quando se pretende obter medidas representativas e confiáveis de uma população, composta de indivíduos dos mais variados tipos e dimensões. Além disso, as condições em que essas medidas são realizadas (com roupas ou sem roupa, com ou sem calçado, ereto ou na postura relaxada) influenciam consideravelmente nos resultados obtidos. Primeiramente, devem ser definidas quais as medidas que serão obtidas e isso envolve a descrição dos pontos do corpo entre os quais serão mensurados. Os principais instrumentos utilizados para medição manual estão especificados na figura 10.

Figura 10 - Ferramentas para medidas antropométricas manuais: (a) antropômetro, (b) alicate de cabeça, (c) paquímetro, (d) fita métrica.



Fonte: Adaptado de Simmons (2001, p.18).

Seguem no quadro 01, as ferramentas e suas funções para cada variável mensurada.

Quadro 01 - Ferramentas antropométricas e sua função.

Ferramenta antropométrica	Uso
Fita métrica	Determinar a largura
Câmera	Fotografar o sujeito
Fita métrica	Medir circunferências e curvaturas
Antropômetro	Medir altura e várias medidas transversais do corpo
Paquímetro	Medir diâmetros
Compasso deslizante	Medir pequenos diâmetros como os do nariz, orelhas, mão, etc.
Alicate de cabeça	Determinar a altura da cabeça

Fonte: adaptado de Simmons (2001, p.18).

Norton e Olds (2005, p.42) descrevem alguns dos equipamentos fundamentais para o levantamento antropométrico.

- **Fita métrica** - São fitas de aço flexível, calibradas em centímetros, com graduações em milímetros, recomendada para medir circunferências. No caso das fitas de fibra de vidro, são necessárias calibrações regulares já que podem alargar com o uso. A fita métrica deve ter retração automática, não-extensível, flexível, de no máximo 7mm de largura.
- **Antropômetro** - O Antropômetro GPM Siber-Hegner, com plataforma, é o instrumento recomendado pelos antropometristas, mesmo sendo relativamente caro. Utilizado para medir as alturas entre os pontos anatômicos específicos do indivíduo à superfície do chão ou do assento.
- **Paquímetro** - É um instrumento utilizado para medir diâmetros com precisão e as dimensões de pequenos objetos. Trata-se de uma régua graduada, sobre a qual é deslizado um cursor. O paquímetro possui duas pontas de medição, sendo um ligado à escala e o outro ao cursor.
- **Compasso deslizante ou paquímetro grande** - É um instrumento semelhante ao paquímetro, porém é utilizado para medir pequenos diâmetros.

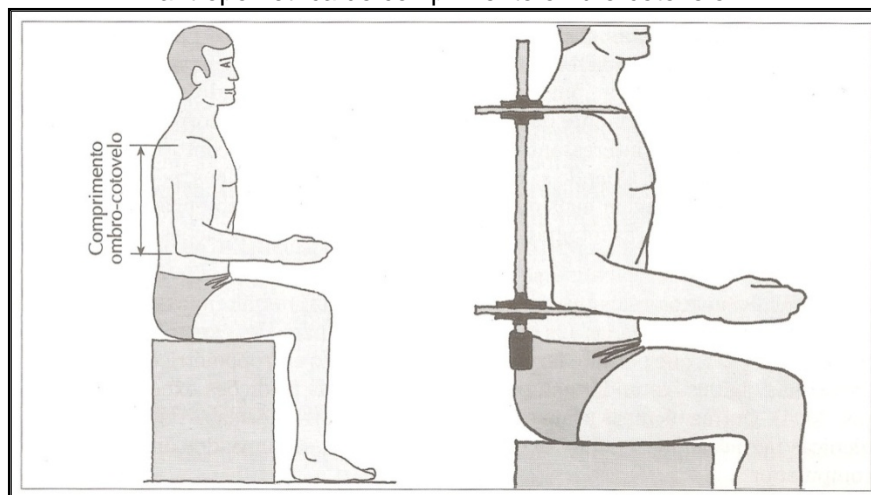
As medições devem ser efetuadas, sempre que possível, pelo turno matutino, porque o corpo humano tende a diminuir em altura durante o dia e geralmente os músculos estão mais relaxados. Também, deve-se atentar para que o indivíduo esteja preferencialmente com o mínimo de roupa possível (SIMMONS, 2001, p.17).

Em geral, cada medição a ser efetuada deve especificar claramente a sua localização, direção e postura. A localização indica o ponto do corpo a partir de outro

ponto de referência, a direção indica se o comprimento é medido horizontal ou vertical e a postura indica a posição do corpo, se sentado, em pé ereto ou relaxado (IIDA, 2005, p.110).

Para a maioria das medições, o corpo do sujeito é colocado numa postura reta e ereta, com os segmentos corporais nos ângulos de 180, 0, ou 90 graus em relação aos pontos demarcados. Esta postura é chamada de "Posição Anatômica" também usada em anatomia. A figura 11 ilustra o processo com contato direto de medição e a postura do sujeito.

Figura 11 - A figura mostra a postura e os pontos entre os quais deve ser feita a medida antropométrica do comprimento ombro-cotovelo.

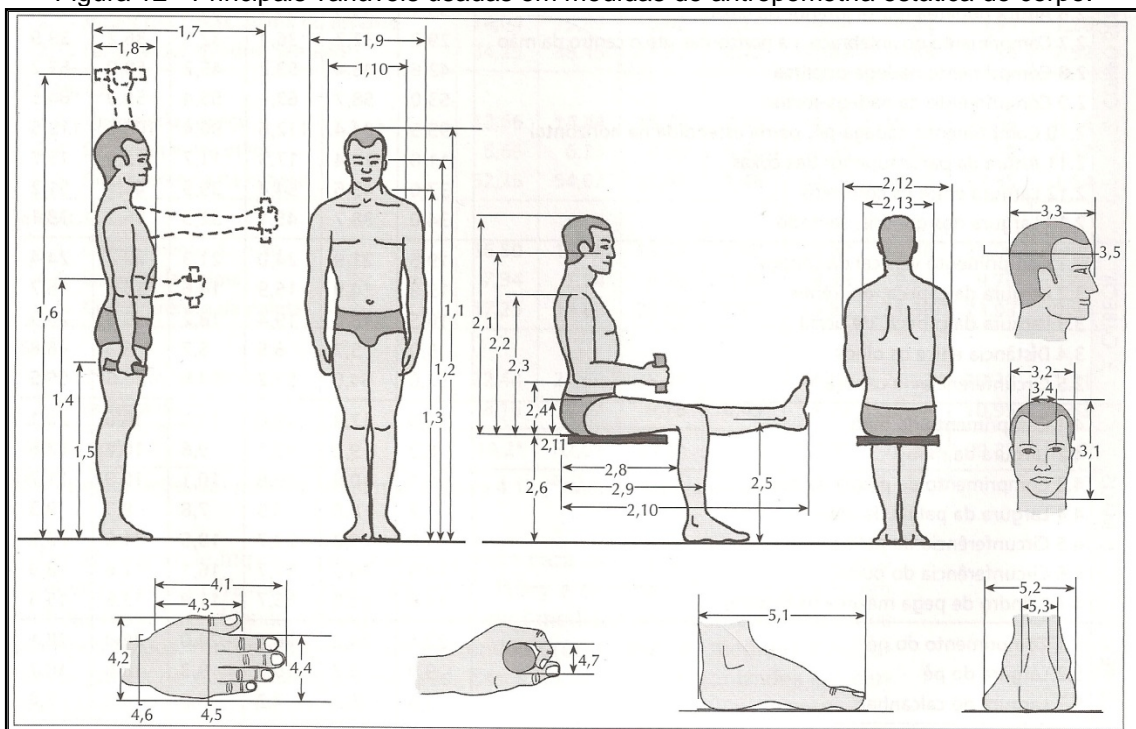


Fonte: Iida (2005, p.111).

Segundo Iida (2005, p.116), a norma alemã DIN 33402 de junho de 1981 é uma das mais completas tabelas de medidas antropométricas. Para cada variável, a norma descreve o ponto a ser medido e a postura adotada, conforme segue na figura 12.

Conforme descrito no item 2.1 da presente pesquisa, a obtenção dos dados antropométricos pelo método direto, em pessoas com algum tipo de deficiência, não é o mais apropriado. Assim como em pessoas idosas, o método mais indicado para a obtenção das medidas antropométricas é o uso de um sistema indireto.

Figura 12 - Principais variáveis usadas em medidas de antropometria estática do corpo.



Fonte: Iida (2005, p.117).

Os sistemas de obtenção de medidas antropométricas pelo método indireto serão abordados na segunda parte da fundamentação teórica da presente pesquisa, no item 2.2.

2.2 SEGUNDA PARTE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em 1961, Ralph Lapp, cientista e escritor, escreveu sobre os rumos desconhecidos em que a ciência pode nos levar. Esta tecnologia chamada de tridimensional (3D) possibilita *scanners* 3D digitalizarem o corpo sem o contato direto (SIMMONS, 2001, p.01).

A digitalização 3D do corpo humano é capaz de extrair um número infinito de dados. No entanto, existe um problema nas limitações entre as diferentes técnicas de medição e entre os *scanners* que estão atualmente disponíveis. Há uma variação significativa na forma como cada *scanner* e sistema obtêm os dados antropométricos (SIMMONS, 2001, p.01).

Esta segunda parte da fundamentação teórica tem como objetivo apresentar um breve histórico sobre as digitalizações tridimensionais em corpos humanos para obtenção de dados antropométricos. Assim, serão relatados os três mais importantes sistemas de digitalização 3D, segundo D'Apuzzo (2009) e Tong *et al.* (2012), que são: a *laser*, por luz branca e fotogrametria.

Ainda, será realizada uma compilação dos métodos de levantamento de parâmetros antropométricos em medidas lineares bem como o estado da arte. Por fim, serão analisados alguns digitalizadores tridimensionais de baixo custo para fins de obtenção de informações para o desenvolvimento do método para levantamento antropométrico, o conhecimento da anatomia básica do corpo humano e a identificação dos pontos anatômicos para a medição antropométrica.

2.2.1 Breve histórico sobre digitalização 3D em corpos humanos

Para medir um grande número de variáveis no corpo humano, o método mais desejável é o indireto. Antes da virada do século 21, especialistas já faziam uso de medições sem o contato direto para determinar a forma da superfície da Terra e, este sistema, por triangulação, se tornaria a base para os métodos modernos (SIMMONS, 2001).

Em 1964, um manequim masculino em grande escala foi projetado com medidas antropométricas. Também, em 1964, Vietorisz utilizou uma fonte de luz e um conjunto de fotodetectores para medir a silhueta de uma pessoa. Em 1979, Ito usou um conjunto de luzes e vários fotodetectores, os quais foram rodados em torno do corpo a ser mensurado. Um sistema semelhante foi desenvolvido por Takada e Escki, em 1981, mas com uma configuração diferente de luzes e fotodetectores. Todos estes sistemas só eram capazes de medir um lado do corpo de cada vez (SIMMONS, 2001).

Os sistemas que utilizam *lasers* também foram sendo desenvolvidos durante este mesmo período, final de 1970 e início de 1980. Em 1985, Addleman e Addleman (1985) desenvolveram um sistema de digitalização a *laser* comercializado como o *scanner Cyberware*. Outros sistemas de digitalização também vêm sendo desenvolvidos nos últimos 15 anos (SIMMONS, 2001).

Segundo Wang *et al.* (2007) um dos primeiros *scanners* 3D a serem utilizados para medir o corpo humano foi o LASS “*The Loughborough Anthropometric Shadow Scanner*⁶” patenteado em 1987 (HARRIS e READ, 1989 *apud* WANG *et al.*, 2007). Mais tarde, conforme o mesmo autor, o Instituto de Pesquisa e Engenharia Humana para a Qualidade de Vida (HQL) no Japão, conduziu uma grande pesquisa antropométrica utilizando métodos tradicionais e métodos por digitalizadores 3D

⁶ Scanner Antropométrico de sombra (traduzido pela autora)

para todo o corpo humano. Nos EUA, Holanda e Itália, entre 1998 e 2002, foi realizado um projeto multinacional, chamado CAESAR (*American and European Surface Anthropometry Resource Civilian*⁷) que estudou métodos para levantamento de medidas antropométricas. O corpo humano foi digitalizado em corpo inteiro para coleta de dados antropométricos e, assim, foi construído um banco de dados de modelos humanos em 3D (DAANEN e VAN DE WATER, 1998 *apud* WANG *et al.*, 2007). Entre 2003 e 2004, países como China, Coréia, Taiwan, Reino Unido, EUA e França participaram da “Campanha Nacional de Mensuração”, em que um crescente número de países começou a utilizar *scanners* 3D a *laser* para realização de pesquisas nacionais (WANG *et al.*, 2007).

Para precisão de medidas antropométricas, é difícil assegurar a qualidade das imagens de digitalização, uma vez que o *scanner* de corpo inteiro é um equipamento de medição óptico e, portanto, muito sensível à condição de iluminação e da natureza geométrica do objeto a ser digitalizado. Assim, como o controle da iluminação, outro fator importante a ser considerado é o movimento do corpo humano na hora da digitalização. Até mesmo a respiração pode afetar a qualidade da imagem digitalizada (WANG *et al.*, 2007).

A utilização de *scanners* 3D para o corpo humano no campo da antropometria foi revisado por Jones e Rioux (1997), no qual concluiu que esses *scanners* oferecem a oportunidade de estudar o corpo humano em mais detalhe e que existem muitas aplicações potenciais para tal técnica. Pearsall e Reid (1994) proporcionaram uma revisão da utilização de parâmetros de segmentos do corpo para biomecânica (NORTON *et al.*, 2002).

Segundo Tong *et al.* (2012), as tecnologias de digitalização 3D mais utilizadas para *scannear* o corpo humano, são: a digitalização a *laser* (*laser scanning*), digitalização por luz branca (*white light scanning*) e a fotogrametria (*photogrammetry*) e serão descritas mais detalhadamente nos itens 2.2.2, 2.2.3 e 2.2.4.

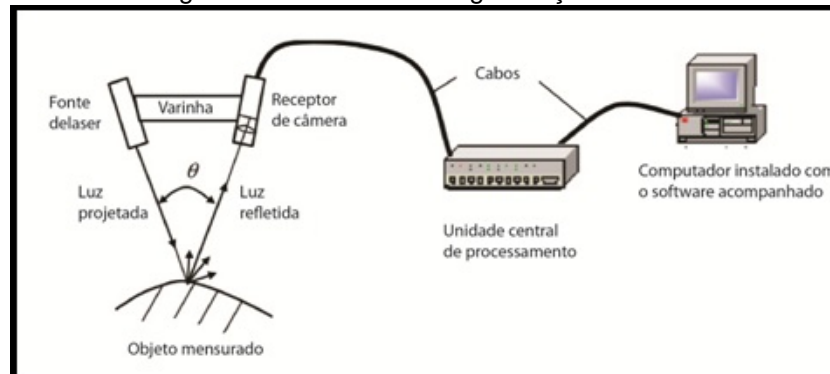
2.2.2 Digitalização 3D a *laser* (*laser scanning*)

A digitalização a *laser* é baseada no sistema de triangulação, utilizando uma câmera para obtenção de uma linha de interseção do *laser* com o objeto. O *scanner*

⁷ Recurso Americano e Europeu de dados Antropométricos de Civis (traduzido pela autora)

3D se movimenta no plano X e Y através de comandos numéricos (CNC) e, depois de finalizada a varredura do objeto a ser digitalizado, é obtido o mapeamento ponto a ponto da superfície. São obtidos pontos X, Y e Z, chamados de “nuvens de pontos” no qual podem ser manipulados e, assim, é gerada a malha tridimensional (SILVA, 2011). Segue na figura 13 a imagem que ilustra o processo de digitalização tridimensional a *laser*.

Figura 13 - Processo de digitalização a laser.



Fonte: Adaptado de Li *et al.*, (2008).

Segundo Lu e Wang (2008), para realizar as medições o ideal é colocar marcadores (*landmarks*) nos pontos do corpo que será digitalizado para facilitar a obtenção dos dados antropométricos. Portanto, o primeiro passo é segmentar o corpo humano com os marcadores para facilitar a análise das medidas na imagem 3D. Para isso, é necessário descobrir quais são os pontos anatômicos que são utilizados para definir o tamanho e a forma do corpo. Assim, as posições dos pontos de referência podem ser facilmente identificados na imagem tridimensional (LU E WANG, 2008). O processo de digitalização utilizando um sistema a *laser* e a identificação dos marcadores segue nas figuras 14, 15, 16.

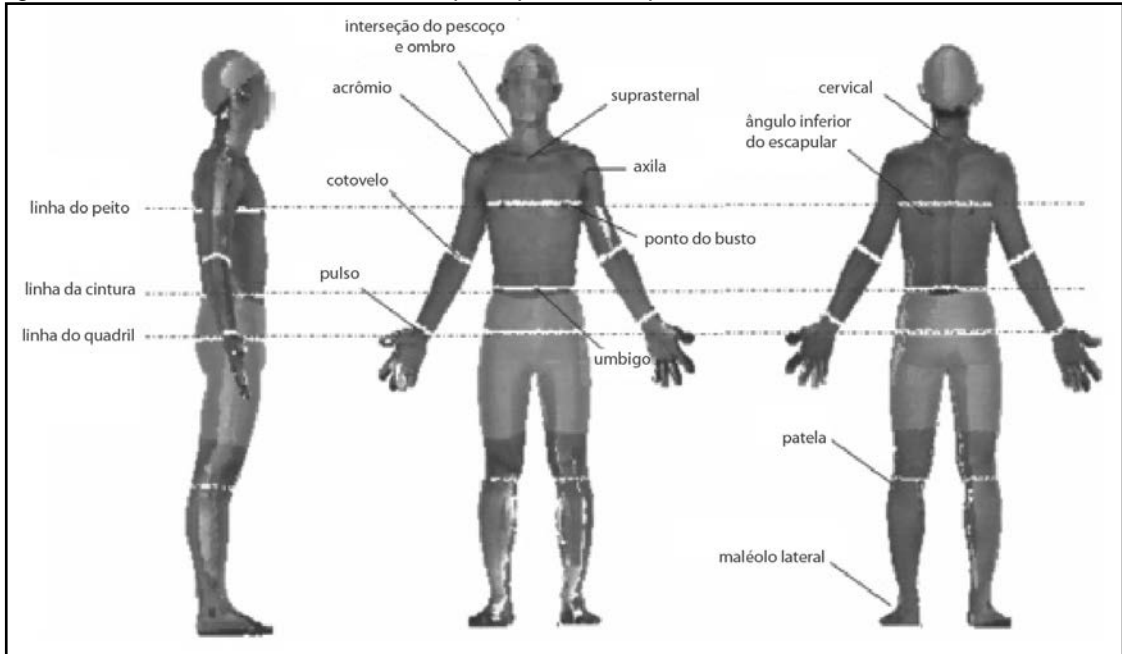
Figura 14 - Sistema de escaneamento de todo o corpo pelo scanner Vitus 3-D 1600.



Fonte: Lu e Wang (2008).

Os marcadores (*landmarks*) encontram-se ilustrados na figura 15. Foram definidos por Lu e Wang (2008) para o processo de obtenção de medidas antropométricas utilizando um sistema de digitalização a *laser*.

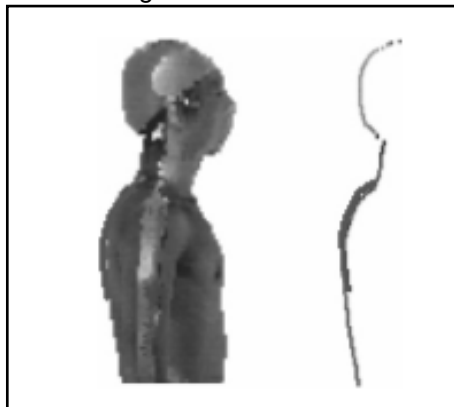
Figura 15 - *Landmark* de doze marcos principais do corpo humano e três linhas como referência.



Fonte: Lu e Wang (2008).

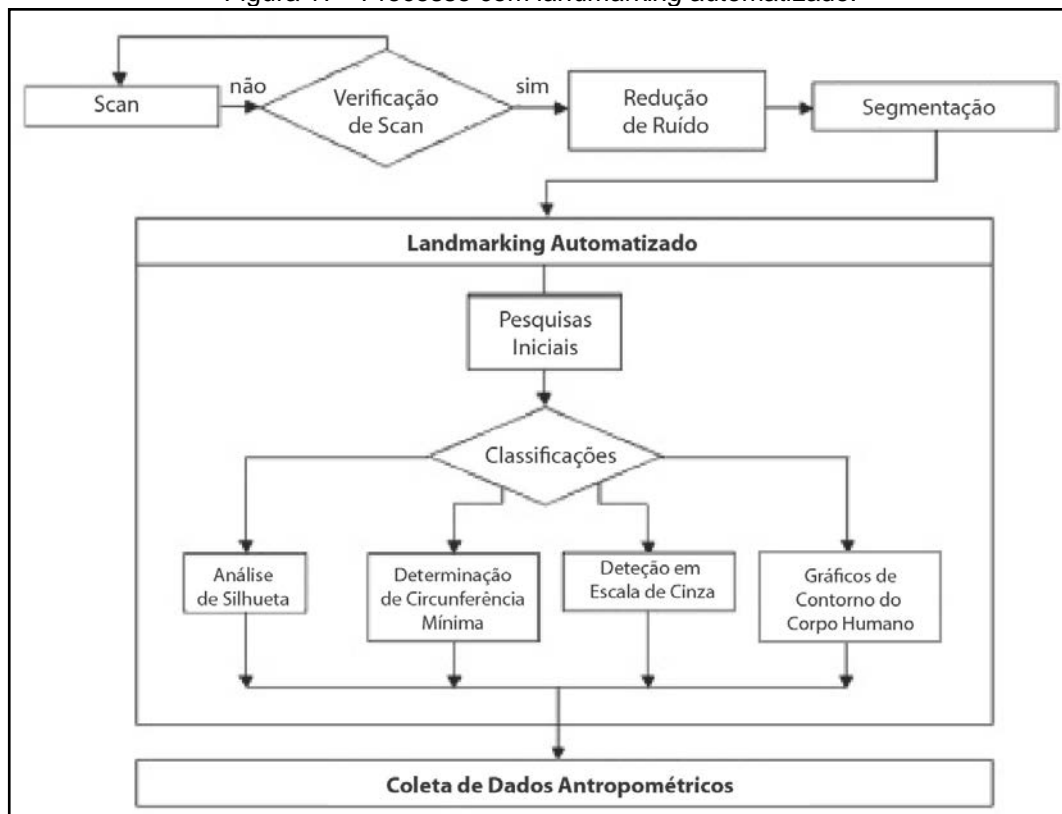
Também, conforme Lu e Wang (2008), a silhueta do corpo humano pode ser definida pelo método desenvolvido em seu trabalho.

Figura 16 - Silhueta.



Fonte: Lu e Wang (2008).

Para facilitar e agilizar o processo de medição nas imagens 3D, Lu e Wang (2008) desenvolveram algoritmos que realizam as medições de forma automática, chamados de "*landmarking* automatizado". O processo segue ilustrado na figura 17.

Figura 17 - Processo com *landmarking* automatizado.

Fonte: Adaptado de Lu e Wang (2008).

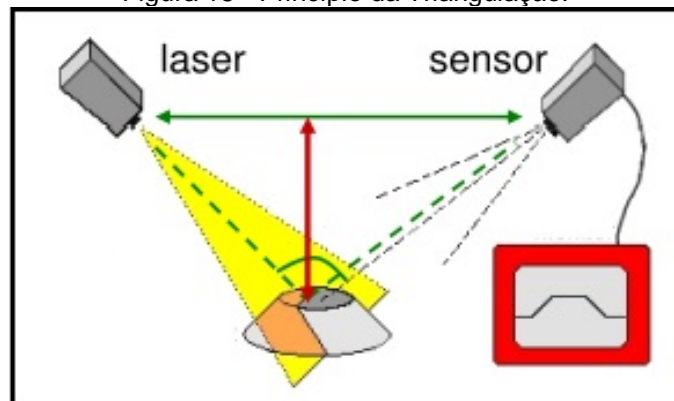
Silva (2011, p.46) relata que o processo por digitalização a *laser* pode ser mais preciso para obtenção de dados antropométricos que os processos por luz branca e fotogrametria, porém tendem a ter um custo muito elevado devido aos componentes óticos e equipamentos que compõem o processo.

Ainda, outra desvantagem deste sistema é o tempo que demanda para digitalizar todo o corpo humano, principalmente, devido aos movimentos do indivíduo durante a digitalização.

2.2.3 Digitalização por luz branca (*white light scanning*)

Assim como a digitalização 3D a *laser*, a digitalização por luz branca também é baseada no princípio da triangulação, em que as luzes (*laser* ou luz branca) são projetadas em formas de listras e captadas por um sensor que as codificam em imagens 3D (D'APUZZO, 2009). O princípio da triangulação segue exemplificado na figura 18.

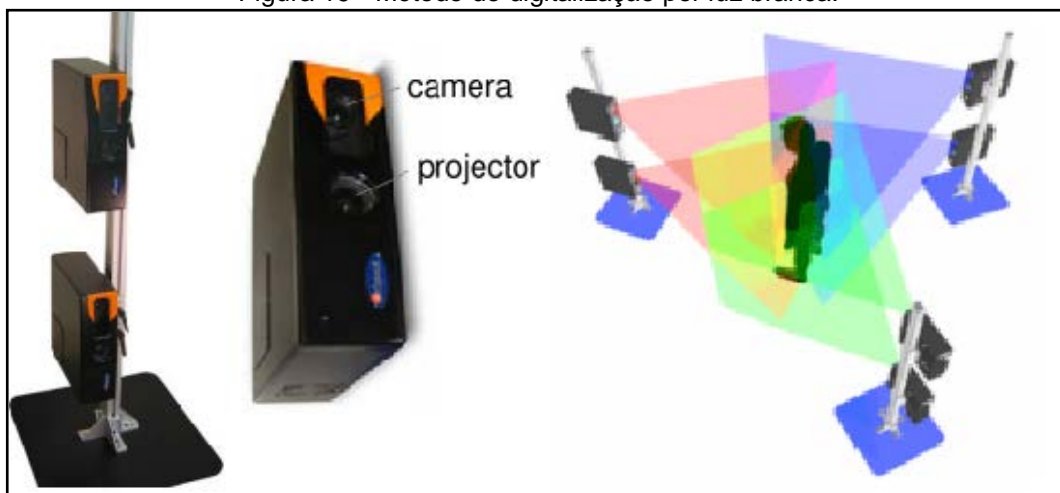
Figura 18 - Princípio da Triangulação.



Fonte: D'Apuzzo (2009, p.11).

Conforme D'Apuzzo (2009) para digitalizar todo o corpo humano, pelo sistema de luz branca, três pilares são colocados em torno do sujeito a ser mensurado e cada pilar tem duas unidades de sensores: projetor e câmera, conforme é apresentado na figura 19.

Figura 19 - Método de digitalização por luz branca.



Fonte: D'Apuzzo (2009, p.14).

Assim como o método a *laser*, este sistema também é sensível ao movimento do corpo humano. Ainda, o equipamento e sistema de digitalização por luz branca também requer um alto investimento financeiro.

2.2.4 Fotogrametria (*photogrammetry*)

A fotogrametria é uma técnica que determina as propriedades geométricas dos objetos ou corpos humanos a partir de imagens fotográficas 2D. A digitalização por fotogrametria captura diversas fotografias de vários ângulos do objeto. A estimativa das coordenadas 3D são determinadas por algoritmos específicos que

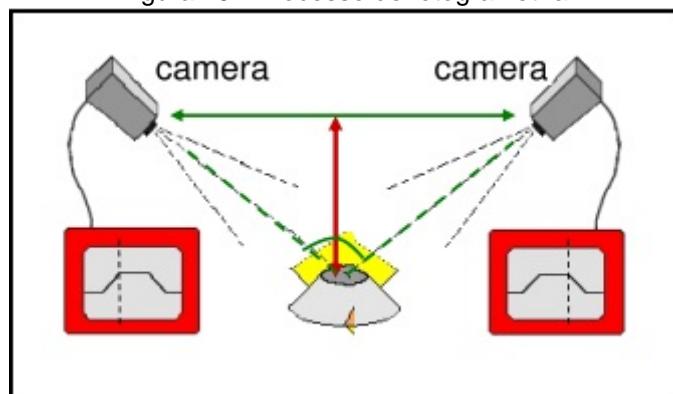
determinam a correspondência entre os pontos nas diferentes imagens (SILVA, 2011, p.46).

Uma técnica mais sofisticada, chamada estereo-fotogrametria (*stereophotogrammetry*), envolve estimar as coordenadas tridimensionais de pontos sobre um objeto. Estas são determinadas através de medições efetuadas em duas ou mais imagens fotográficas tomadas a partir de posições diferentes. Pontos comuns são identificados em cada imagem. Uma linha de visão (ou raios) pode ser construída a partir da localização da câmera para o ponto no objeto. São as interseções destes raios (triangulação) que determinam a localização tridimensional do ponto (CELANI e CANCHERINI, 2009).

Existe também, no campo da fotogrametria, a Bioestereometria ou Fotogrametria Médica, que trata das aplicações da fotogrametria para área da medicina, que servem para obter medidas da forma e dimensões do corpo humano (TOMMASELLI *et al.*, 1999).

Segundo Barros (2004) *apud* lida (2005, p.112) desenvolvimentos recentes em fotogrametria digital permitem associar as imagens digitais ou digitalizadas aos métodos computacionais. Um exemplo desses *softwares* é a *Digita*, que permite fazer o registro de pontos antropométricos a partir de fotografias digitais, gerando uma planilha com todas as medições executadas. Várias câmeras são colocadas na cena para fotografar o indivíduo e os pontos correspondentes são determinados pelo sistema de Triangulação, conforme ilustrado na figura 20.

Figura 20 - Processo de fotogrametria.



Fonte: D'Apuzzo (2009, p.15).

Para este método, é fundamental a demarcação dos *landmarks* também chamados de *targets* no corpo em que será fotografado, para que algoritmos

específicos possam determinar a correspondência entre os pontos nas diferentes imagens e, assim, estimar as coordenadas tridimensionais (SILVA, 2011, p.46).

Apesar das imagens adquiridas por fotogrametria serem rápidas, o processo torna-se caro e demorado devido à sincronização das imagens e do elevado número de câmeras necessárias para este sistema (D'APUZZO, 2009). Na figura 21, são apresentadas imagens e os respectivos sistemas de digitalização tridimensional.

Figura 21 - Sistemas de digitalização 3D.



Fonte: Adaptado de D'Apuzzo (2009, p.10).

A seguir, no item 2.2.5, serão analisados os processos de levantamento antropométrico para obtenção de medidas lineares e o estado da arte.

2.2.5 Estado da Arte: métodos para levantamento de parâmetros antropométricos lineares por digitalização tridimensional

Neste item, será realizado uma compilação de alguns métodos utilizados por sistemas de digitalização 3D de corpo humano, para análise do que está sendo realizado no âmbito do levantamento de medidas antropométricas.

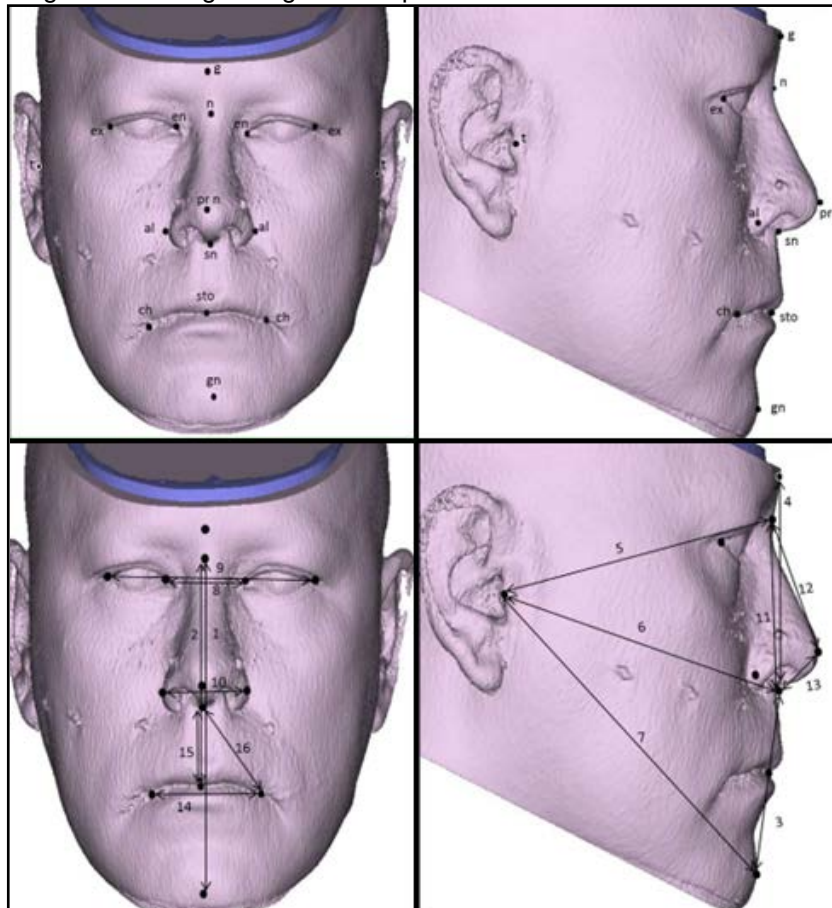
Fourie *et al.* (2011) desenvolveram um estudo de comparação entre três diferentes sistemas de digitalização tridimensional com o objetivo de avaliar a precisão e a confiabilidade dos dados antropométricos. Os sistemas avaliados foram: digitalizações 3D a laser, digitalização 3D computadorizada por feixe cônico (CBCT) ou tomografia computadorizada por feixe cônico e sistema por fotogrametria.

Fourie *et al.* (2011) realizaram o estudo em sete cabeças de cadáveres para obtenção de medidas craniofacial. Foram possíveis, por meio da digitalização 3D, a quantificação de ângulos, superfícies e volumes, além de mensurar distâncias lineares, obtendo potencial para a extração de x, y, e os dados das coordenadas z para uma grande variedade de análises, de forma estatística e capturas rápidas, resultando em um registro de arquivo permanente do rosto de um indivíduo.

Os autores Fourie *et al.* (2011) obtiveram resultados precisos e confiáveis pelos três processos de digitalização. Porém, foi observado que o objeto de estudo é um ser inanimado. Portanto, é excluída uma questão importante que pode influenciar na precisão dos resultados, o movimento do indivíduo na hora da digitalização.

A figura 22 apresenta o processo realizado por Fourie *et al.* (2011), no qual foram demarcados os *landmark* e, após, foram obtidas as medidas antropométricas craniofaciais.

Figura 22 - Imagem digitalizada por sistema a laser em um cadáver.



Fonte: Fourie (2010).

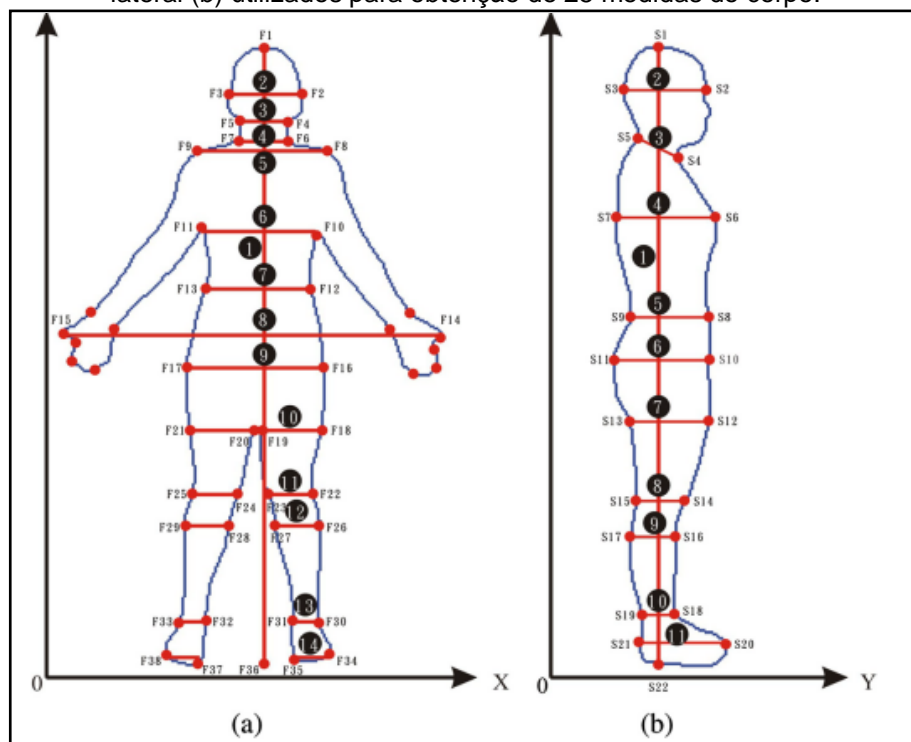
Outro estudo a ser analisado será o método desenvolvido pelos autores Lin e Wang (2012). Os mesmos afirmam que um *scanner a laser* 3D de corpo inteiro

fornece uma grande fonte de dados antropométricos a partir do modelo tridimensional gerado. Este modelo é constituído de uma malha de pontos que pode ser deformada livremente resultando em uma alteração desta malha, conseqüentemente, na precisão e confiabilidade dos dados antropométricos do modelo 3D. Também, os autores afirmam que os métodos por digitalização a *laser* e por luz branca são muito caros e, a maioria dos *scanners*, não são portáteis.

Portanto, com o objetivo de obter medidas por um método de baixo custo e portátil, Lin e Wang (2012) desenvolveram um método baseado em imagens 2D. Neste método, os autores propõem um sistema de construção do modelo humano tridimensional utilizando as informações das imagens frontal e lateral através de um algoritmo específico.

A partir de um modelo 3D-base como referência, os pontos gerados nas imagens 2D frontal e lateral são alinhados aos pontos do modelo 3D-base. Assim, o modelo 3D é gerado através das medidas antropométricas estabelecidas nas imagens 2D. A figura 23 apresenta os pontos antropométricos demarcados nas figuras 2D frontal e lateral respectivamente gerados através do algoritmo específico.

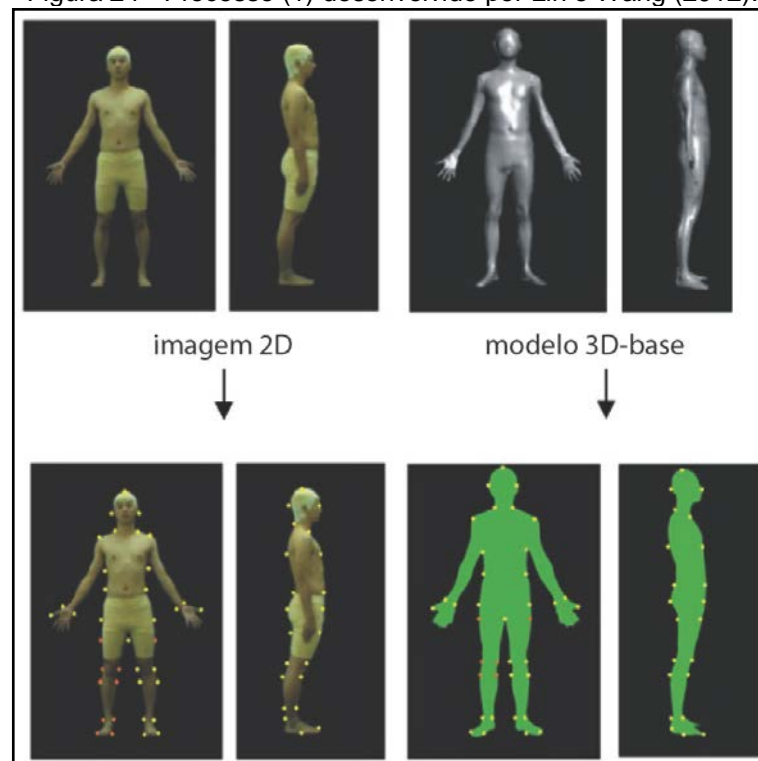
Figura 23 - 38 pontos característicos na imagem frontal (a) e 22 pontos característicos da imagem lateral (b) utilizados para obtenção de 25 medidas do corpo.



Fonte: Lin e Wang (2012).

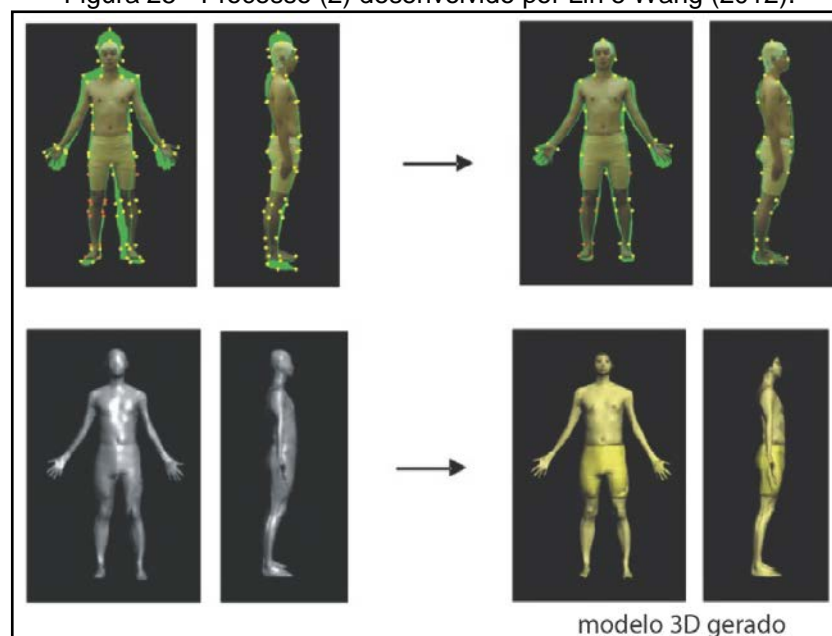
O processo, desde a imagem 2D até o desenvolvimento final do modelo 3D, segue ilustrado nas figuras 24 e 25.

Figura 24 - Processo (1) desenvolvido por Lin e Wang (2012).



Fonte: adaptado de Lin e Wang (2012).

Figura 25 - Processo (2) desenvolvido por Lin e Wang (2012).



Fonte: adaptado de Lin e Wang (2012).

Para avaliar a eficácia do método desenvolvido, Lin e Wang (2012) digitalizaram 30 indivíduos. Foram gerados os respectivos modelos tridimensionais dos 30 indivíduos utilizando o método proposto. Os autores realizaram uma comparação entre os modelos tridimensionais obtidos pelo método desenvolvido e o

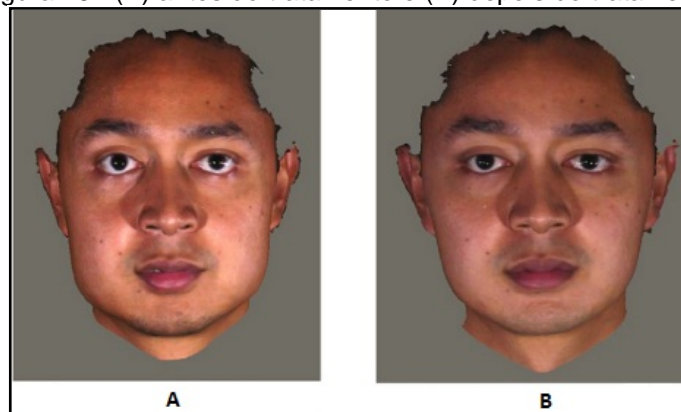
modelo 3D gerado por um sistema de digitalização tridimensional a *laser*. Os resultados alcançados, conforme os autores foram considerados satisfatórios.

Foi observado que o objetivo do desenvolvimento do método de Lin e Wang (2012) é desenvolver um método de baixo custo que seja portátil e que os resultados das medidas obtidas sejam compatíveis para o desenvolvimento de avatares para *games*. Também, foi notado a importância da geração de modelos tridimensionais que representem a fidelidade do indivíduo digitalizado para obtenção de medidas antropométricas mais precisas.

Outros autores, Vezzetti e Marcolin (2012), realizaram um estudo para obtenção de medidas antropométricas faciais por meio de pontos de referência (*landmark*) colocados e medidos manualmente. Os objetivos deste estudo são diversos, tais como: reconhecimento da face e da expressão facial e estudo das mudanças na morfologia facial devido ao crescimento e / ou as deformidades por deficiências.

Também, outro estudo relacionado à antropometria maxilo-facial, foi o de Maal *et al* (2010) em que realizaram registros por fotogrametria para auxiliar no tratamento de cirurgia oral e maxilo-facial. Estes registros tridimensionais têm como objetivo avaliar os diferentes tipos de inchaço ao longo do tempo como: abscesso ou o crescimento de um tumor. Foi desenvolvido, portanto, um método para analisar as medidas antropométricas maxilo-facial para analisar as alterações da face, conforme é ilustrado nas figuras 26 e 27. A figura 26 mostra o registro fotográfico antes de o paciente realizar o tratamento com toxina botulínica (A) e depois do tratamento (B).

Figura 26 - (A) antes do tratamento e (B) depois do tratamento.



Fonte: Adaptado de Maal *et al* (2010).

A figura 27 ilustra o método para identificar as diferenças antropométricas maxilo-facial antes e depois do tratamento.

Figura 27 - Método desenvolvido para análise de medidas maxilo-facial.

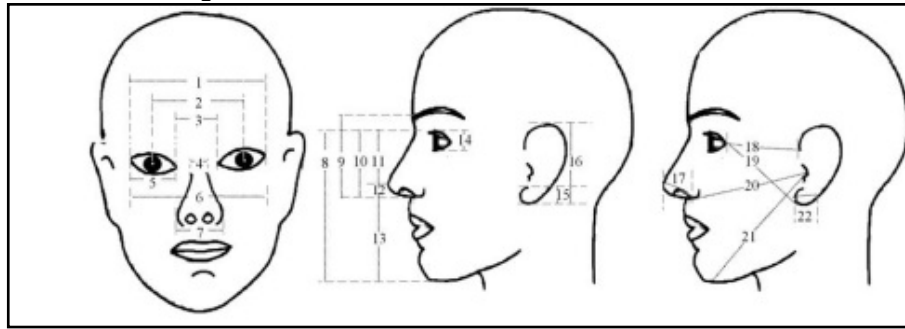


Fonte: Maal *et al* (2010).

A relevância neste estudo, para desenvolvimento do problema da presente pesquisa, se encontra no método em que foi desenvolvido para a obtenção das medidas antropométricas a partir de um modelo tridimensional.

Ainda, para análises antropométricas maxilo-facial, Ozsoy *et al.* (2009) desenvolveram um estudo comparativo entre os sistemas de levantamento antropométrico manual, fotogrametria 2D e digitalização 3D a *laser*. Foram descritas vantagens e desvantagens entre os três sistemas. Foi ressaltado que ambos os sistemas fotogrametria e antropometria manual, são processos demorados e, as vezes, não são possíveis a obtenção de algumas variáveis.

A desvantagem da digitalização a *laser* é o alto custo e o sistema não ser portátil. Porém, a vantagem do método de digitalização 3D a *laser* é a rapidez para a digitalização do indivíduo e o armazenamento do conjunto de dados sobre uma unidade de disco rígido. As medidas foram obtidas por um processo de leitura automática dos *landmarks* por um *software* específico, conforme é apresentado na figura 28.

Figura 28 - Leitura automatizada dos *landmarks*.

Fonte: Ozsoy *et al.* (2009).

Outro estudo analisado foi o de Han *et al.* (2010) que realizaram uma análise comparativa das medidas antropométricas utilizando a digitalização 3D a *laser* e as medidas obtidas utilizando o método manual em mulheres adultas da Coreia. Neste estudo, foram identificadas e analisadas as diferenças entre os métodos em 14 dimensões do corpo.

As causas das diferenças, nos valores encontrados nas variáveis entre os métodos, foram devido à medição manual da circunferência do tecido mole, no qual é comprimido no momento da medição pelos instrumentos antropométricos manuais e, também, nas diferenças em função da postura, relaxada ou ereta, na hora das medições.

O mérito do estudo de Han *et al.* (2010) encontra-se principalmente na constatação das diferenças nos resultados obtidos entre os métodos diretos e indiretos e no porquê destas diferenças. Também, os autores fornecem orientações para um correto levantamento antropométrico nestes métodos.

Li *et al.* (2008) realizaram uma análise da digitalização 3D a *laser* da mão e foram detectados problemas nas imagens geradas em função da sombra entre os dedos. Foi realizado um método para diminuir o efeito da sombra colocando um suporte de vidro e, assim, foi minimizado a refração da luz nas imagens tridimensionais durante a digitalização.

Kouchi e Mochimaru (2011) realizaram um estudo sobre a demarcação correta para os *landmarks*, que podem influenciar tanto para medições manuais como para medições indiretas em que há leitura automática através de *softwares* específicos. Este estudo se torna relevante na medida em que explica como realizar a demarcação correta dos *landmarks* no corpo a ser mensurado.

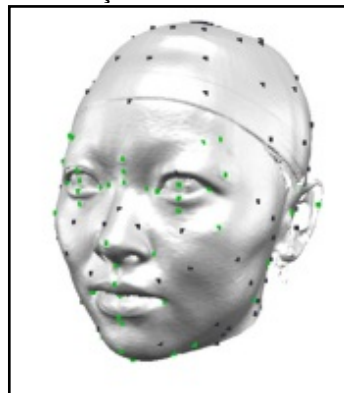
Também, outro estudo realizado utilizando a demarcação dos *landmarks* automatizados foram dos autores Luximon *et al.* (2012), em que desenvolveram um

método para levantamento antropométrico das medidas da cabeça para auxiliar no desenvolvimentos de projetos de produtos para a face.

Os autores justificam o desenvolvimento do método a partir de afirmativas como: falta de métodos para realização de medidas antropométricas para projetos de produtos personalizados para o membro cabeça e os métodos manuais de aquisição de medidas manuais, devido à complexidade das formas do corpo humano, são difíceis e até mesmo impossíveis de serem obtidas.

Portanto, o método desenvolvido utilizou um digitalizador a *laser* e a coleta de dados por um *software* específico que contém algoritmos baseados em dados de nuvem de pontos aplicados no modelo tridimensional obtido e, assim, é realizada a leitura automática dos dados antropométricos. A figura 29 ilustra os *landmarks* demarcados no modelo 3D.

Figura 29 - Demarcação dos *landmarks* no modelo 3D.



Fonte: Luximon *et al.* (2012).

A relevância do estudo Luximon *et al.* (2012), dentre outras relatadas na pesquisa, foram a identificação da necessidade de desenvolver métodos para levantamento antropométrico para produtos personalizados a partir de métodos por sistemas indiretos de obtenção de medidas.

Norton *et al.* (2002) desenvolveram um novo método para medir a massa e o formato da perna de um corpo humano em pessoas tetraplégicas, que não são possíveis de serem obtidas pelo método manual de medição. Foi utilizado nesta pesquisa, um *scanner* 3D a *laser Hamamatsu Photonics K.K.* O mesmo autor relata que a determinação de dados como, formato e massa corporal, vêm sendo um problema para a biomecânica e são poucos os trabalhos realizados nessa área.

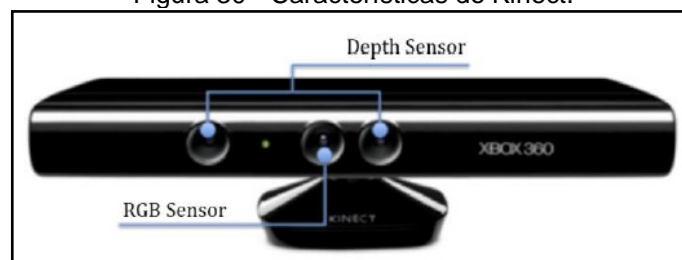
2.2.6 Microsoft Kinect

Segundo Tong *et al.* (2012), existe uma opção de *scanner* no mercado que tem atraído muita atenção dos pesquisadores. É o dispositivo *Microsoft Kinect*. O Kinect possui baixo custo em relação aos *scanners* convencionais de digitalização tridimensional no mercado. É um dispositivo portátil e fácil de manusear.

O Kinect foi desenvolvido originalmente para atuar com o videogame *Xbox 360*. Segundo Dutta (2011), o Kinect contém um sensor de movimento e foi desenvolvido para permitir que os usuários interajam com o *game* sem a necessidade de um controle tradicional ou *joystick*, pois o sensor reconhece gestos do usuário e comandos de voz. O acionador para o reconhecimento de gestos é um conjunto composto por um emissor e um leitor de infravermelhos.

Como se pode ver na figura 30, o sistema utiliza a câmera de infravermelhos (*IR Depth Sensor*) para detectar uma malha de *laser* projetada sobre os objetos pelo emissor de *laser*. O Kinect também possui uma câmera de vídeo a cores (*Color Sensor*), que fornece os dados de cor para o mapa de profundidade. Na base do aparelho estão localizados os microfones responsáveis pelo reconhecimento de voz (*Microphone Array*), e um motor de articulação (*Tilt Motor*). Na figura 30 seguem as características do dispositivo Kinect.

Figura 30 - Características do Kinect.



Fonte: Filipe *et al.* (2012).

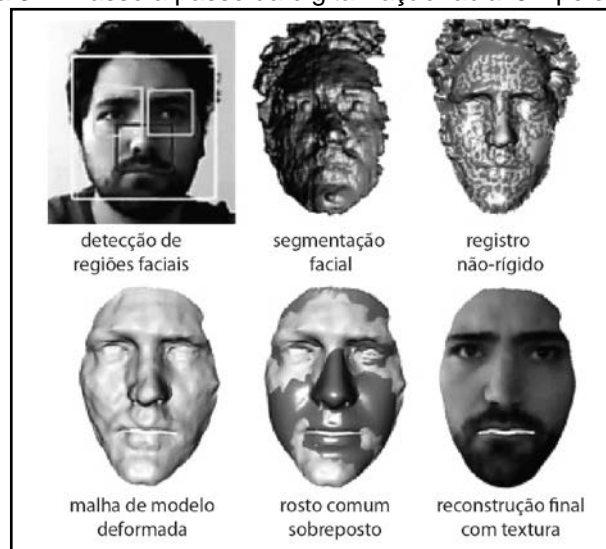
Segundo alguns autores como: Tong *et al.* (2012); Aitpayev e Gaber (2012); H. Gonzalez-Jorge *et al.* (2013), o Kinect vem sendo utilizado em animações 3D, auxílio em aplicações de projetos em realidade virtual para espaços físicos e em computação gráfica, em que requerem realismo nos modelos 3D de corpos humanos. Conforme Tong *et al.* (2012), o principal problema é que o Kinect tem baixa resolução X e Y de precisão de profundidade para a digitalização tridimensional. Para abordar esta questão, Cui e Stricker (2011) *apud* Tong *et al.* (2012) descreveram um método para melhorar a qualidade dos dados e da

resolução da profundidade. Newcombe *et al.* (2011) *apud* Tong *et al.* (2012) apresentaram um sistema para mapeamento em tempo real de cenas de espaços internos. Conforme Tong *et al.* (2012) o Kinect é o único dispositivo que pode proporcionar boa qualidade, informação de dados de distância de alta resolução em tempo real por um sistema de baixo custo.

Conforme Aitpayev e Gaber (2012), na indústria dos jogos, por exemplo, através do uso do Kinect tornou-se possível os usuários criarem um avatar 3D com sua própria imagem. Os dados de profundidade podem ser medidos para calcular a distância da câmera ao objeto e podem ser manipulados para uma série de aplicações na indústria de jogos. O Kinect para *Windows* é capaz de monitorar os movimentos da cabeça, pescoço e braços dos usuários, estando eles sentados ou em pé bem como as suas características faciais ou do corpo inteiro, a uma distância de 50 cm, podendo ser usados para vários algoritmos em educação, medicina, conferências, indústria de jogos e redes sociais (AITPAYEV e GABER, 2012).

Aitpayev e Gaber (2012) realizaram um trabalho usando o *Microsoft Kinect SDK (Software Development Kit)* ou Kinect para *Windows*, que possui uma biblioteca de fonte aberta que pode ser usada para ensaios e implementações. A Figura 31 apresenta os dados de imagem de profundidade que são obtidos a partir do Kinect como *hardware* e usando o *Microsoft SDK* para produzir os dados. Os dados são obtidos a partir de câmeras de profundidade do Kinect e são chamados de dados de profundidade.

Figura 31 - Passo a passo da digitalização facial 3D pelo Kinect.



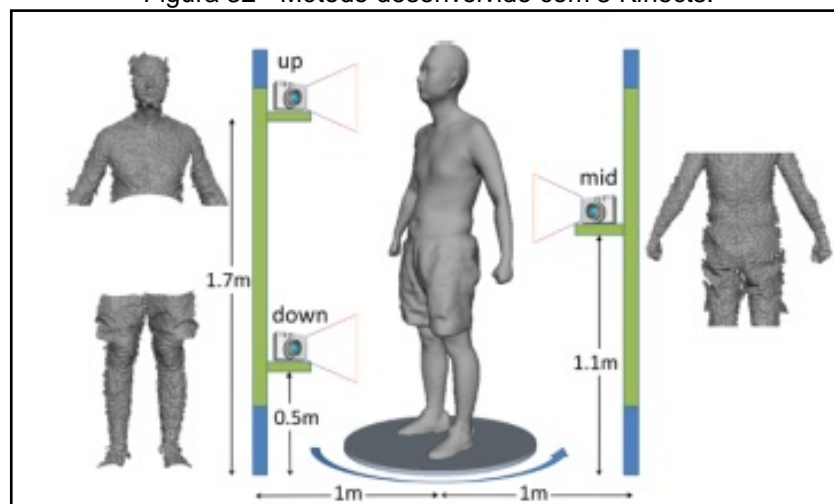
Fonte: Adaptado de Aitpayev e Gaber (2012).

Kinect está sendo utilizado também na medicina. Uma equipe da *Microsoft Research Cambridge* composta por cientistas sociais, cientistas da computação e designers utilizaram o Kinect para *Windows* para ajudar na visualização de imagens no intra-operatório. Kinect para *Windows* permite que os cirurgiões usem gestos para manipular as imagens médicas. O cirurgião, portanto, utiliza gestos para girar imagens e aplicar o *zoom* para visualização de detalhes. A grande vantagem do Kinect é permitir que o cirurgião, neste caso, visualize as imagens sem tocar em nenhum dispositivo e, portanto, sem haver risco de contaminação.

Tong *et al.* (2012) afirmam que o Kinect, em comparação com *scanners* 3D convencionais, são capazes de capturar dados de imagem com profundidade, utilizando pouca luz e descreve um método para melhorar a qualidade dos dados de resolução de profundidade.

Os autores utilizaram o Kinect e um *software* específico, apresentando um sistema para mapeamento em tempo real com precisão. Identificou que os dados de captura de um corpo humano completo utilizando um único Kinect tem baixa qualidade e os dados capturados utilizando 2 ou mais kinects, possuem maior precisão e qualidade. O método desenvolvido por Tong *et al.* (2012) segue ilustrado na figura 32.

Figura 32 - Método desenvolvido com 3 Kinects.



Fonte: Tong *et al.* (2012).

O indivíduo a ser digitalizado permanece sobre uma plataforma giratória e, assim, três Kinects vão realizando a varredura das imagens que são codificadas por um *software* específico e, desta forma, é gerada a imagem 3D.

Vários estudos com o dispositivo kinect vêm sendo realizados principalmente por ser um dispositivo de baixo custo, portátil e fácil de ser manuseado. Portanto, o dispositivo pode vir a ser uma nova ferramenta para auxiliar no desenvolvimento de produtos e no levantamento de parâmetros antropométricos. Com isso, o kinect torna-se uma solução para obtenção de modelos 3D que possibilitem o levantamento de medidas antropométricas em corpos humanos em um sistema de baixo custo.

2.2.7 Anatomia básica do corpo humano e os “pontos anatômicos”

A antropometria é uma ciência que possui uma vasta multiplicidade em áreas que trabalham paralelamente. São nutricionistas, ergonomistas, designers, psicólogos, cientistas do exercício e fisioterapeutas. Segundo Norton e Olds (2005, p.05), uma das consequências dessa multiplicidade em práticas antropométricas é a falta de padronização na identificação e nas técnicas de medição nos pontos do corpo humano a serem medidos.

Mesmo em medições por digitalização 3D é necessário saber identificar os pontos anatômicos do corpo humano para realizar a coleta das medidas das variáveis no modelo 3D gerado. Segundo Norton e Olds (2005, p.19), para realização de medições antropométricas é necessário o conhecimento da anatomia básica do corpo humano para identificar os locais dos pontos anatômicos e para adquirir suporte técnico para as decisões subjetivas necessárias para a localização dos mesmos.

A adoção de uma metodologia permite que comparações sejam realizadas entre diversas áreas e em diferentes métodos para obtenção das medidas corporais. Portanto, foi constatada a necessidade do conhecimento da tridimensionalidade do corpo humano e dos pontos anatômicos para que possam auxiliar no levantamento antropométrico, tanto em medições pelo método direto como pelo método indireto.

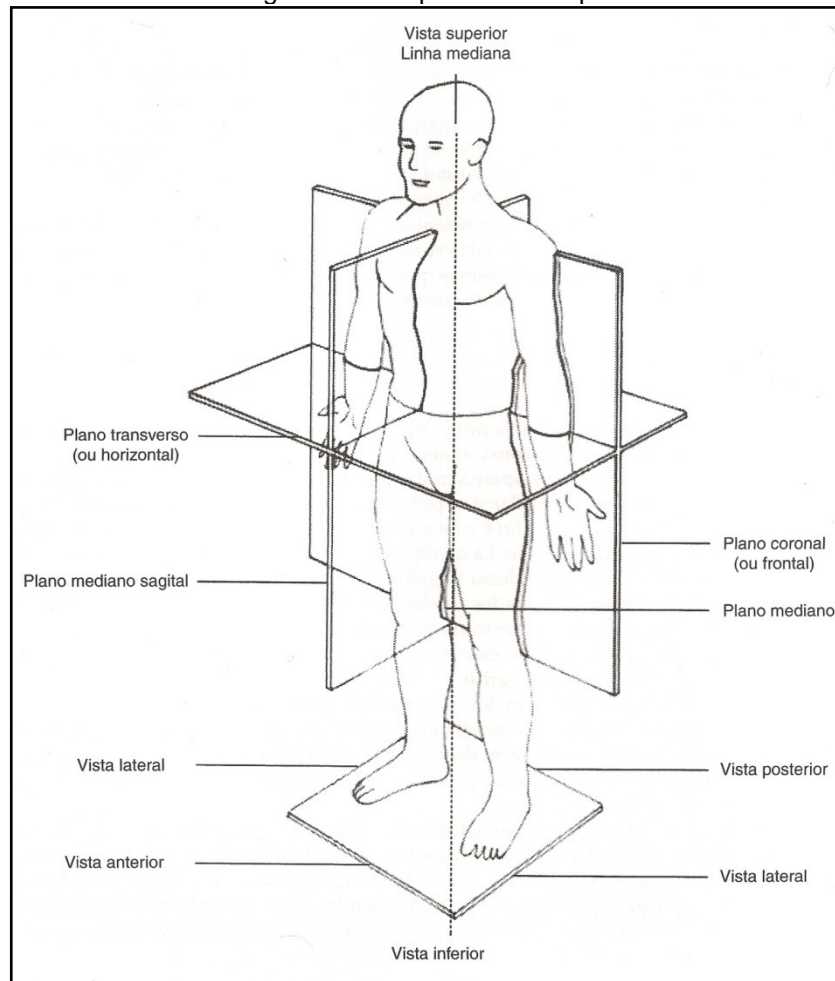
Para que se possa realmente compreender a natureza tridimensional do corpo humano e para a identificação dos locais específicos do corpo é necessário estudar os nomes anatômicos de cada parte individual da anatomia esquelética básica e se familiarizar com os termos e posturas (NORTON E OLDS, 2005, p.19).

Segundo Norton e Olds (2005, p.19) o corpo humano pode ser dividido em três planos principais, conforme ilustrado na figura 33.

- plano sagital, no qual divide o corpo em parte direita e esquerda;

- plano coronal ou frontal, no qual divide o corpo em anterior e posterior;
- plano transverso ou horizontal, no qual divide o corpo em parte superior e inferior.

Figura 33 - Os planos do corpo.

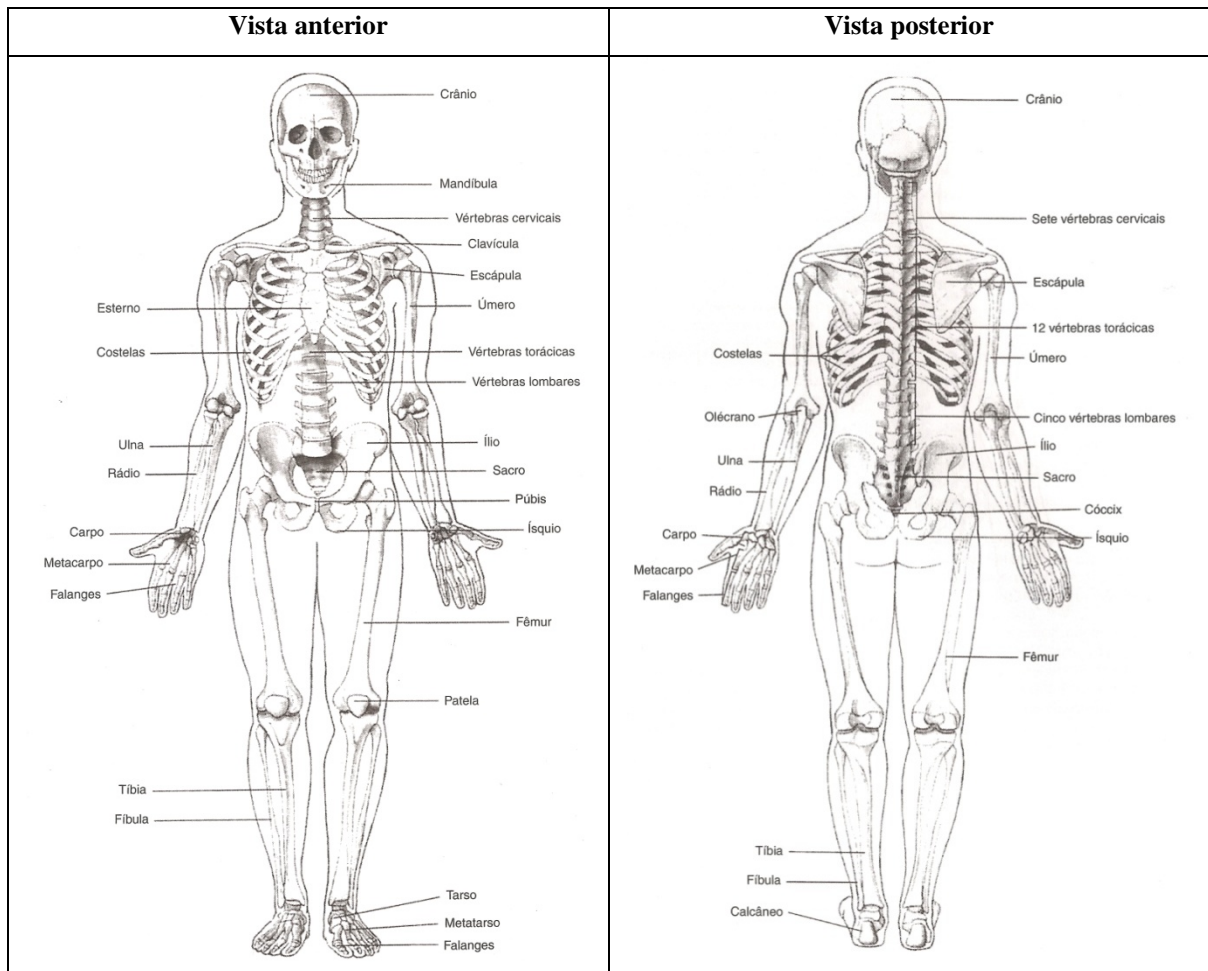


Fonte: Norton e Olds, 2005, p.19.

Assim, o entendimento do esqueleto humano serve de base para o reconhecimento dos pontos de referência necessários para o levantamento das medidas antropométricas. Os ossos do esqueleto humano estão representados no Quadro 2, em vista anterior e posterior respectivamente.

Os pontos de referência, segundo Norton e Olds (2005, p.51) são pontos esqueléticos identificáveis próximos à superfície do corpo que identificam os locais de medição. Devidamente identificados, todos os pontos, segundo mesmo autor, são encontrados pela palpação. A figura 34 mostra o corpo humano na chamada “posição anatômica” no qual é a “posição do corpo vivo, em pé, ereto, com braços ao longo do corpo e as palmas das mãos viradas para a frente” (BASMAJIAN *apud* NORTON E OLDS, 2005, p.19).

Quadro 2: O esqueleto humano.

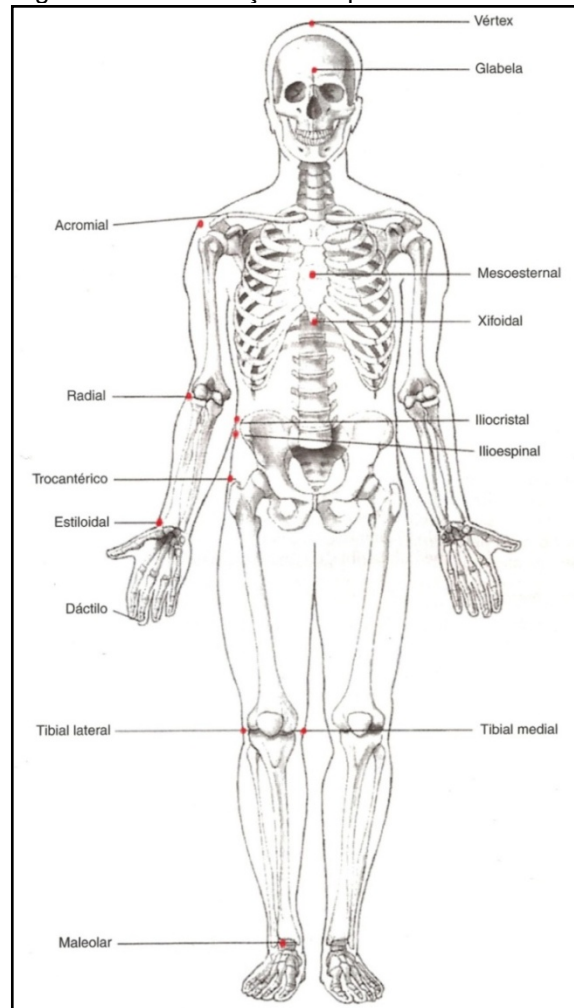


Fonte: Norton e Olds (2005, p.23-24).

Na figura 34, é demonstrada a nomenclatura básica dos pontos de referência da anatomia e os pontos vermelhos são os pontos encontrados por palpação, pontos de referência para a medição antropométrica. Estes representam apenas uma pequena porção do número potencialmente infinito de locais na superfície do corpo. São pontos anatômicos básicos para uma padronização na Antropometria (NORTON e OLDS, 2005, p.52).

As medidas antropométricas irão variar, mesmo se um antropometrista medir o indivíduo, repetidas vezes, em dias sucessivos. Isso acontece devido à inconsistência da técnica do antropometrista e às variações biológicas do indivíduo (NORTON e OLDS, 2005, p. 91).

Figura 34 - Localização dos pontos anatômicos.



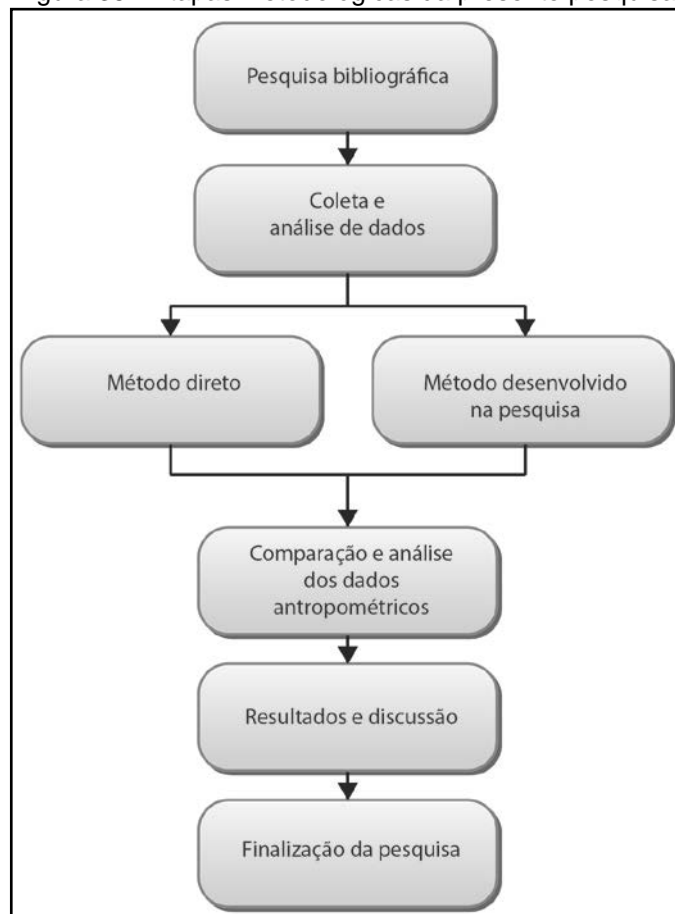
Fonte: Adaptado de Norton e Olds (2005, p.55).

Precisão se enquadra na variabilidade das medidas repetidas no mesmo indivíduo. Alta precisão corresponde à baixa variabilidade de medições sucessivas. Para a confiabilidade dos dados antropométricos obtidos, em algumas variáveis como as lineares, a medida é obtida geralmente em uma única leitura. Para as variáveis de espessura ou circunferência é necessário realizar duas ou mais leituras e usar a média aritmética como parâmetro de valor de medida. Erros tendem a diminuir com a aplicação da média (NORTON e OLDS, 2005, p. 94).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

O objetivo deste capítulo é apresentar a metodologia de pesquisa que será abordada. A pesquisa caracteriza-se como pesquisa científica Aplicada, que tem como característica, “o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos, como uma aplicação imediata para uma realidade circunstancial” (GIL, 1987, p.45). Conforme Santos e Candeloro (2006. p.72) o objetivo da pesquisa, está classificada como Exploratória. A abordagem do problema será do tipo quantitativa na medida em que será mensurado um determinado fenômeno e, tem por procedimento técnico, a pesquisa Bibliográfica, Documental e Experimental. A presente pesquisa irá conter cinco etapas de desenvolvimento metodológico conforme apresentado na figura 35.

Figura 35 - Etapas metodológicas da presente pesquisa.



Fonte: autora.

A primeira etapa consiste na revisão de literatura, valendo-se do método de pesquisa bibliográfica para a fundamentação teórica e focalização do assunto da pesquisa. Para a fundamentação teórica, faz parte do escopo do trabalho à pesquisa bibliográfica acerca de assuntos relacionados à antropometria estática e sua

aplicação como dados antropométricos para o desenvolvimento de projetos de produto. Para a focalização do assunto, o levantamento de métodos diretos e indiretos para obtenção de parâmetros antropométricos da antropometria estática no processo de Design.

A etapa seguinte se refere à coleta e à análise de dados, cuja finalidade é analisar os dados antropométricos obtidos a partir do método direto e o método indireto. Será estabelecido o número de participantes, o tempo dedicado para a realização de cada procedimento, os instrumentos necessários e o local do desenvolvimento dos levantamentos antropométricos.

Dessa forma, indicam-se como possíveis unidades de coleta e análise dos dados: Escola Superior de Educação Física (ESEF/UFRGS), onde está localizado o laboratório de pesquisa do exercício (LAPEX) e, também, no laboratório Virtual Design (ViD), localizado na escola de engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Após o levantamento antropométrico pelos métodos direto e indireto, os dados serão comparados e analisados. Esta etapa da pesquisa compreende, portanto, a análise e a descrição dos resultados obtidos durante a coleta dos dados.

Dessa forma, a etapa seguinte da pesquisa trata da proposição do trabalho, a partir da confrontação entre os dados obtidos e analisados na segunda e terceira etapa da pesquisa com a teoria pesquisada na primeira etapa.

A quarta etapa da pesquisa é referente aos resultados e a discussão. A última etapa, portanto, consiste na finalização da pesquisa, a partir da discussão dos resultados obtidos, da avaliação dos dados e da validação do método a partir da comparação dos dados antropométricos obtidos pelo método direto e pelo método proposto, contendo as conclusões da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A partir da fundamentação teórica, do estudo dos métodos utilizados por sistemas de digitalização tridimensional para obtenção de dados antropométricos, foi evidenciada a necessidade de fazer uma comparação entre os dados antropométricos pelos métodos diretos e indiretos e, assim, obter suporte para realização do objetivo geral desta pesquisa.

Portanto, para consecução do desenvolvimento do novo método, se faz necessário contemplar os seguintes procedimentos metodológicos na seguinte etapa

da metodologia, que serão descritos e representados em forma de diagramas. Os procedimentos metodológicos da segunda etapa da metodologia foram divididos em levantamento antropométrico pelo método direto e levantamento antropométrico pelo método indireto.

3.2 LEVANTAMENTO ANTROPOMÉTRICO PELO MÉTODO DIRETO

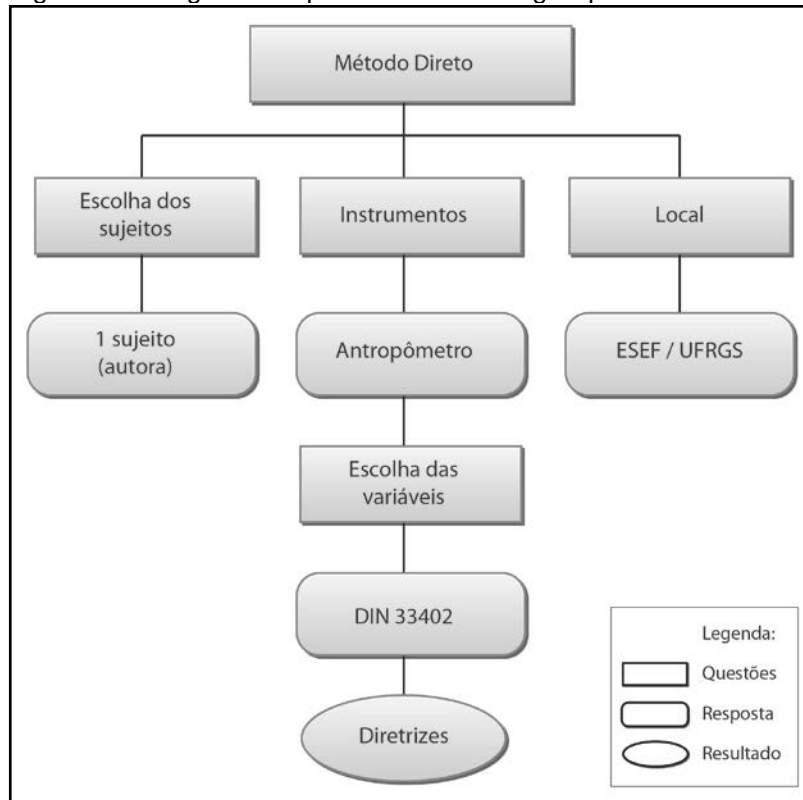
O objetivo é analisar e entender o procedimento do levantamento antropométrico, como obter as medidas e os pontos a serem mensurados e ter como resultado uma tabela-base de referência para comparações com as medidas obtidas pelo procedimento indireto.

Primeiramente, será realizado um levantamento antropométrico pelo método direto. Serão estabelecidos os instrumentos a serem utilizados na pesquisa para coleta de dados. Neste caso, os instrumentos utilizados para a realização desta primeira etapa serão: paquímetro e antropômetro da marca CESCORF, segmômetro da marca VONDER e fita métrica da marca ProFisioMed. O local a ser realizado o método direto, será na EsEF/UFRGS, que possui um laboratório de antropometria e os instrumentos necessários para o desenvolvimento da coleta de dados (LAPEX – laboratório de pesquisa do exercício).

O número de sujeitos a serem mensurados será um, visto que não há necessidade de utilizar mais pessoas, já que não é objetivo desta presente pesquisa realizar tabelas antropométricas informando a média de um segmento da população. A escolha do sujeito a ser digitalizado e mensurado será por conveniência a autora desta pesquisa.

A próxima etapa é a escolha das variáveis (partes do corpo) a serem mensuradas. Serão escolhidas as variáveis estabelecidas pela norma alemã DIN 33402 de junho de 1981. Nesta tabela, cada variável descreve o ponto a ser medido e a postura adotada, conforme ilustrada na figura 12 da página 49 da presente pesquisa. O processo metodológico da primeira etapa segue ilustrado na Figura 36.

Figura 36 - Diagrama do processo metodológico pelo método direto.



Fonte: elaborado pela autora.

3.3 LEVANTAMENTO ANTROPOMÉTRICOS PELO MÉTODO INDIRETO

A segunda etapa se refere ao objetivo geral da presente pesquisa. Para avaliação e validação do método desenvolvido, nas questões de tempo e compatibilidade, os resultados dos parâmetros antropométricos obtidos através do método direto e do método indireto serão comparados.

Para este método, o indivíduo a ser digitalizado e mensurado segue o mesmo da etapa anterior, as variáveis seguem as mesmas e o instrumento utilizado será o dispositivo Kinect para *Windows* da *Microsoft*, o *software* Kscan3D para geração do modelo tridimensional e um *software* de modelagem para a medição das variáveis.

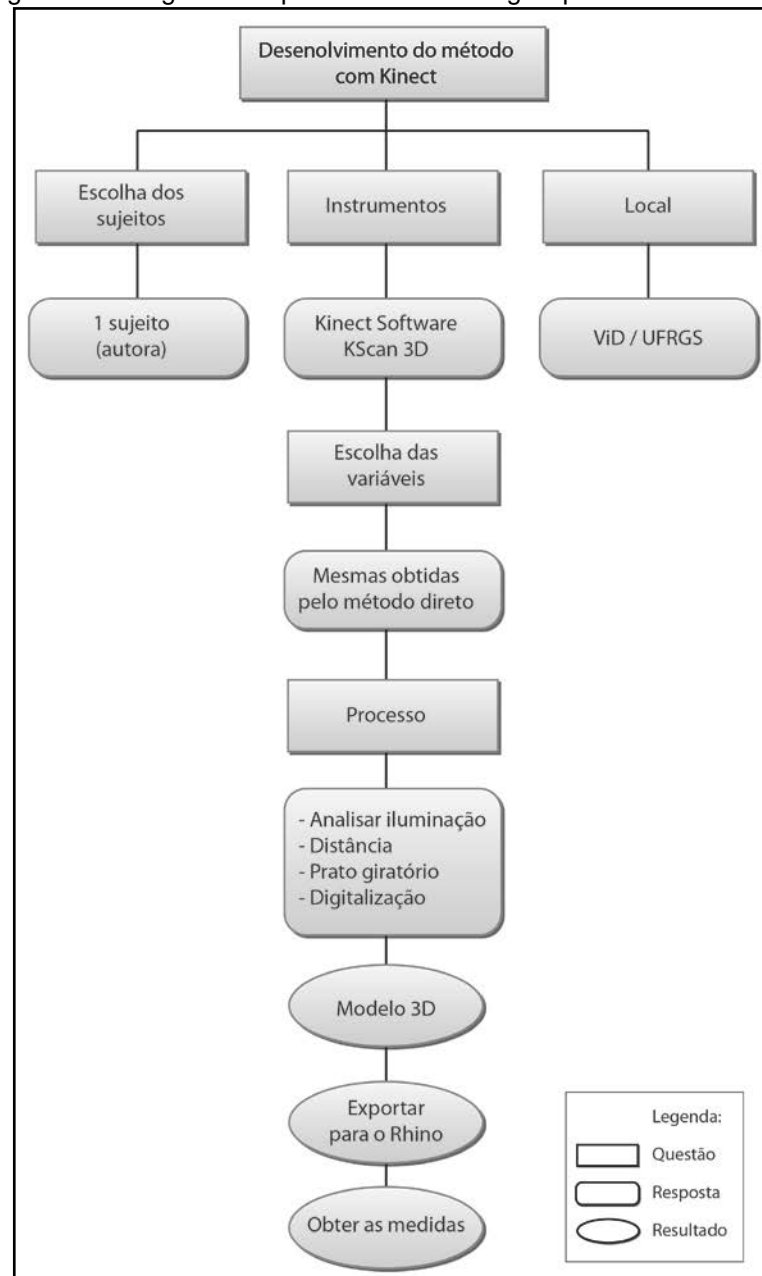
O local da realização da segunda etapa do procedimento metodológico da pesquisa será no laboratório VID/UFRGS. Após as digitalizações pelo Kinect, o *software* irá gerar um modelo 3D que poderá ser exportado para um *software* de modelagem 3D e, assim, será efetuado o levantamento antropométrico.

Deste modo, antes de iniciar o levantamento antropométrico, será efetuado um painel semântico com imagens dos métodos similares desenvolvidos e abordados no referencial teórico da presente pesquisa, com o objetivo de gerar suporte técnico-criativo para o levantamento dos parâmetros antropométricos. O

processo do desenvolvimento do método utilizando o Kinect segue ilustrado na figura 37.

Vale ressaltar que para o desenvolvimento da presente pesquisa, serão observados os preceitos éticos, conforme resolução nº 96, de 10 de outubro de 1996, do Ministério da Saúde, que definem diretrizes e normas para pesquisas que envolvem seres humanos (Brasil, 1996). A aprovação do Comitê de Ética de pesquisa com seres humanas segue em anexo A.

Figura 37 - Diagrama do processo metodológico pelo método Kinect.



Fonte: elaborado pela autora.

No capítulo seguinte, as etapas metodológicas serão desenvolvidas e descritas detalhadamente de modo em que seja explicitado o método direto pelo

sistema manual e o método indireto utilizando o digitalizador 3D de baixo custo (Kinect) e os processos que contemplam cada etapa.

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Neste capítulo é apresentada a descrição do desenvolvimento das etapas do processo metodológico. Serão relatados os procedimentos, as coletas de dados, a identificação dos pontos anatômicos e o levantamento antropométrico pelo método direto no item 4.1. No item 4.2, serão descritos os procedimentos para o levantamento antropométrico pelo método indireto, utilizando o Kinect como *scanner*, a geração do modelo tridimensional e o desenvolvimento do método para levantamento de parâmetros antropométricos através do modelo 3D.

4.1 DESENVOLVIMENTO DA PRIMEIRA ETAPA: LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS PELO MÉTODO DIRETO

O indivíduo a ser mensurado (autora desta pesquisa) preencheu um formulário de consentimento como parte preliminar do procedimento. Durante toda a sessão de medição e demarcação, o indivíduo se manteve relaxado e seguiu as instruções devidas em cada medição.

Foi observado que o antropometrista deve ser capaz de manusear os equipamentos e de se movimentar livremente em torno do indivíduo a ser medido. O antropometrista deve estar acompanhado de um assistente para ajudar na coleta e registro das informações para minimizar os possíveis erros de medição. Portanto, são necessários duas pessoas para efetuar as medições.

Também foi notado que, para algumas variáveis, o antropometrista refez as medições, repetindo-as duas ou três vezes. Neste caso, foi obtida uma média dos resultados das medidas realizadas, calculada de maneira simples utilizando a Média Aritmética.

Os equipamentos utilizados para o levantamento antropométrico foram escolhidos conforme as variáveis selecionadas e, para o presente estudo, foram utilizados os instrumentos: paquímetro e antropômetro da marca CESCORF, segmômetro da marca VONDER e fita métrica da marca ProFisioMed.

Para o levantamento das medidas, com o indivíduo na postura sentado e as medidas do membro pé, foi utilizado como apoio uma caixa antropométrica com 40 cm de altura. Para as medições das mãos e dos pés, foram mensurados o membro dominante, neste caso, o DIREITO.

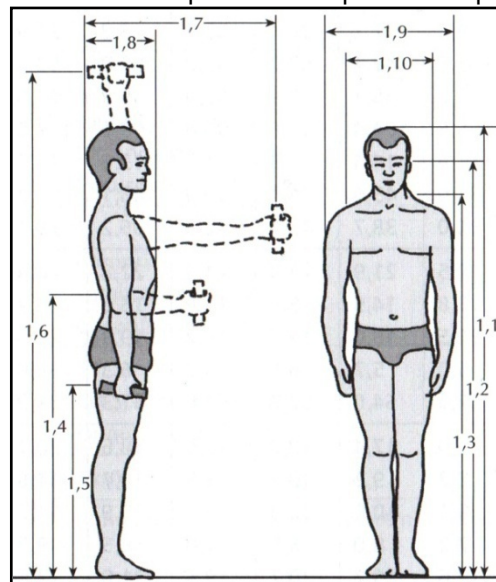
O horário em que foi realizado o levantamento antropométrico foi às dez horas do turno matutino, com duração total da medição de uma hora e doze minutos,

desde a primeira medição até a última. O laudo da avaliação antropométrica realizada segue em anexo B. A coleta de dados e a descrição de como foi realizada cada medição será apresentada detalhadamente nos itens 4.1.1 ao 4.1.5. Conforme a tabela DIN 33402, na página 49 da presente pesquisa, as medidas foram identificadas por numerações de 37 variáveis que vão do 1,1 ao 5,3. Para cada variável é descrita a postura mais adequada que o indivíduo deve apresentar bem como a identificação do local do ponto de referência para cada medição no corpo humano.

4.1.1 Coleta dos dados antropométricos com o corpo na posição em pé

Neste item, são coletadas as medidas antropométricas referentes ao indivíduo com a postura em pé e ereto. A figura 39 ilustra as variáveis correspondentes (1,1 a 1,10).

Figura 38 - Variáveis correspondentes à postura na posição em pé.



Fonte: adaptado de Lida (2005, p.117).

4.1.1.1 Estatura, corpo ereto (Medida 1,1)

São três as técnicas (posições) gerais na medição para a estatura: livre em pé, alongado e deitado. Em crianças de até dois anos de idade ou em pessoas com deficiências físicas, que são impossibilitadas de ficar em pé, é utilizada a posição deitada. Para a coleta da presente pesquisa foi utilizada a posição em pé. O indivíduo, descalço, se encostou na parede, onde havia um equipamento apropriado denominado de estadiômetro (uma escala utilizada em conjunto com um esquadro de ângulo reto). Foi pedido para que o indivíduo juntasse os pés e os

calcanhares e que encostasse as nádegas e a parte superior das costas na escala, permanecendo a cabeça na posição Plano Frankfort⁸ e que o indivíduo inalasse o ar profundamente na hora da medição. A figura 39 ilustra o equipamento utilizado para a medição da estatura.

Figura 39 - Medição da estatura.

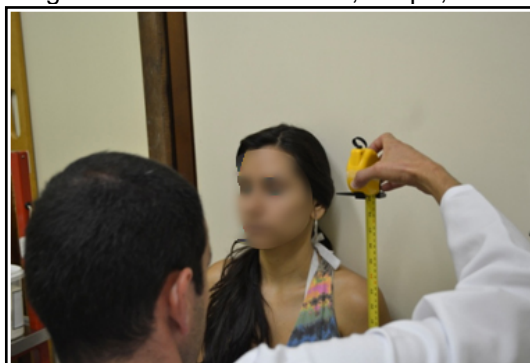


Fonte: autora.

4.1.1.2 Altura dos olhos, em pé, ereto (Medida 1,2)

O indivíduo permaneceu descalço, com os pés unidos, na posição em pé e ereto. Foi utilizado como instrumento de medição um segmômetro, que mediu a altura do solo até a altura dos olhos. A medição nesta variável foi repetida três vezes e o valor final foi adquirido pela Média Aritmética. A figura 40 apresenta a imagem da medição da altura dos olhos, na posição em pé e ereto.

Figura 40 - Altura dos olhos, em pé, ereto.



Fonte: autora.

4.1.1.3 Altura dos ombros, em pé, ereto (Medida 1,3)

O indivíduo permaneceu descalço, com os pés unidos, na posição em pé e ereto. Foi utilizado como instrumento um segmômetro que mediu a altura que vai do chão até a altura dos ombros. Porém, segundo Norton e Olds (2005, p.73), para

⁸ Posição em que a cabeça permanece na horizontal formando um ângulo de 90 com a vertical⁹

melhor precisão nos pontos de marcação, o instrumento mais apropriado é o paquímetro, que mede a altura dos pontos projetados no corpo até o solo. Conforme o mesmo autor, os paquímetros grandes são mais precisos às fitas, já que estas tendem a superestimar distâncias uma vez que é difícil mantê-las retas.

4.1.1.4 *Altura do cotovelo até o chão (Medida 1,4)*

O indivíduo permaneceu descalço, com os pés unidos, na posição em pé e ereto. Foi utilizado como instrumento para esta variável um segmômetro que mediu a altura que vai do solo até a altura dos cotovelos. O indivíduo flexionou o cotovelo até 90° para melhor visualização do ponto anatômico, conforme ilustrado na figura 41.

Figura 41 - Altura do cotovelo até o chão.



Fonte: autora

4.1.1.5 *Altura do centro da mão, braço pendido, em pé (Medida 1,5)*

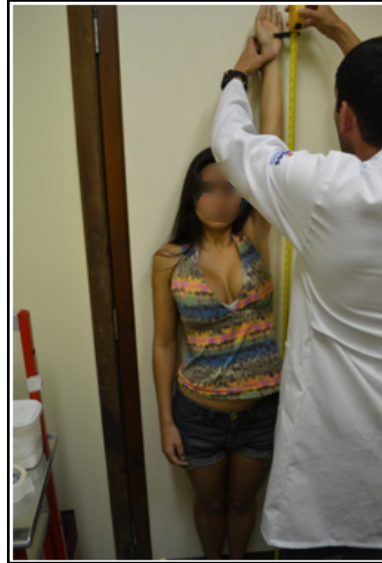
Para a obtenção da medida da variável 1,5, o indivíduo se manteve descalço, com os pés unidos, na posição em pé e ereto, encostado na parede, e com os braços soltos e relaxados. O instrumento utilizado foi um segmômetro. O resultado obtido foi repetido 3 vezes e, assim, calculado o valor final pela Média Aritmética. O ponto de medição é do solo até o dedo médio da mão direita.

4.1.1.6 *Altura do centro da mão, braço erguido, em pé (Medida 1,6)*

Para a obtenção da variável da medida 1,6, o indivíduo se manteve ereto, encostado na parede, com os pés juntos e com o braço direito erguido. O

instrumento utilizado foi um segmômetro. A variável medida vai do chão até o centro da palma da mão. A imagem da coleta dos dados da medida 1,6 segue na figura 42.

Figura 42 - Altura do centro da mão, braço erguido, em pé.



Fonte: autora

4.1.1.7 Comprimento do braço, na horizontal, até o centro da mão (Medida 1,7)

O indivíduo permaneceu na posição em pé, ereto e com o braço direito estendido na horizontal na altura dos ombros. O antropometrista junto com o auxiliar utilizou uma fita métrica para a obtenção da medida. O ponto de medição vai da articulação do ombro até o final do dedo médio, conforme ilustrado na figura 43.

Figura 43 - Comprimento do braço, na horizontal, até o centro da mão.



Fonte: autora

4.1.1.8 Profundidade do corpo, na altura do tórax (Medida 1,8)

Para a medição da variável 1,8 não foi possível a obtenção do resultado com o indivíduo na posição em pé. Portanto, na posição sentado, foi possível a obtenção da medida. Foi utilizado como instrumento de medição um paquímetro. O ponto mensurado encontra-se no centro do esqueleto esterno (parte anterior do corpo)

mantendo-se uma linha reta, na horizontal, com a parte posterior do indivíduo. A imagem da coleta de dados segue na figura 44.

Figura 44 - Profundidade do corpo, na altura do tórax.

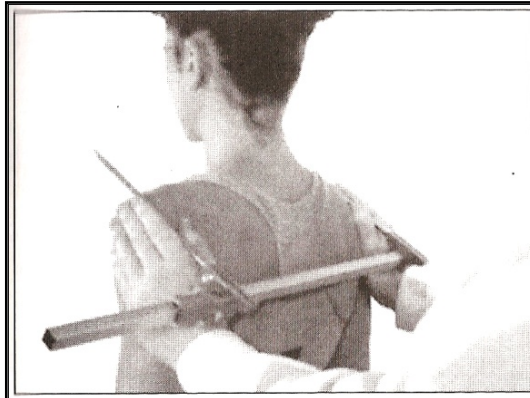


Fonte: autora

4.1.1.9 Largura dos ombros, em pé (Medida 1,9)

A medida 1,9 consiste na distância entre as articulações dos ombros. O indivíduo permaneceu na posição em pé e ereto. Com uso de um paquímetro, mantendo os “braços” do instrumento no ângulo de 90° , direcionados para cima, foi obtida a medida conforme ilustrado na figura 45.

Figura 45 - Medida biacromial (largura dos ombros).

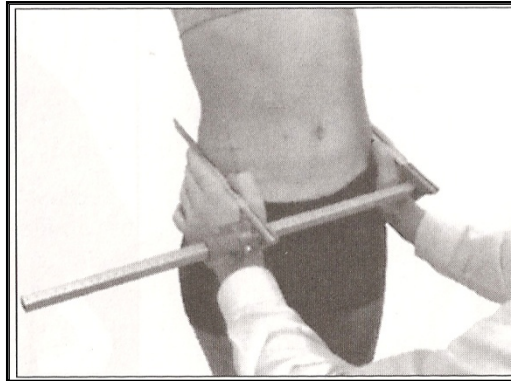


Fonte: Norton e Olds (2005, p.79).

4.1.1.10 Largura dos quadris, em pé (Medida 1,10)

Os pontos anatômicos, para a medição da variável 1,10, encontram-se na região do quadril, denominado crista ilíaca. O ponto é facilmente identificado por palpação e encontra-se na região mais acentuada da crista ilíaca. Os “braços” do paquímetro são mantidos cerca de 90° para cima. O indivíduo permaneceu na posição em pé e ereto. Para a medição, o mais adequado é o indivíduo levantar a blusa para que o paquímetro entre em contato com a pele, conforme ilustrado na figura 46.

Figura 46 - Largura dos quadris, em pé.



Fonte: Norton e Olds (2005, p.79)

4.1.2 Coleta dos dados antropométricos com o corpo na posição sentado

Neste item, são descritas as coletas de dados referentes às posturas do indivíduo na posição sentado, conforme as medidas 2,1 até 2,13.

Para a realização das medições, foi utilizado uma caixa antropométrica com uma abertura lateral com 40 cm de altura. Foram utilizados como instrumento de medição um paquímetro, antropômetro e um segmômetro. As medições com a posição sentada, normalmente, são obtidas por meio da soma da altura da caixa antropométrica ao ponto de referência anatômico, resultando na altura real do ponto a partir do solo.

É realizada dessa forma em função do esforço que o antropometrista faz ao se abaixar para o levantamento das medidas antropométricas e, deste modo, as costas do antropometrista é preservada. A imagem da caixa antropométrica utilizada na coleta de dados segue na figura 47.

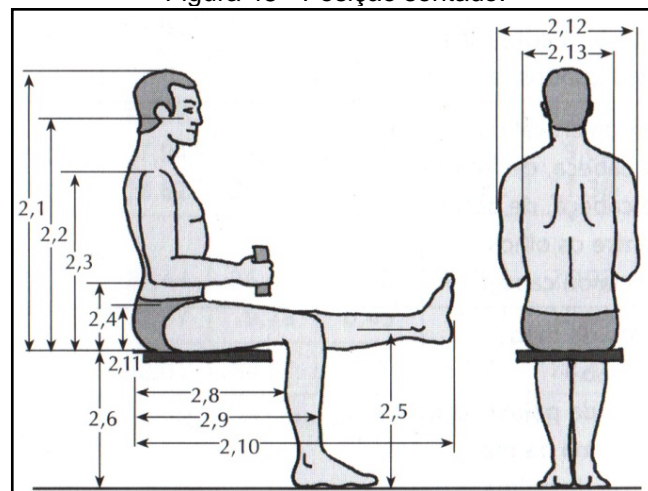
Figura 47 - Caixa antropométrica.



Fonte: autora

Seguem na figura 48, as variáveis que foram coletadas com o indivíduo na posição sentado.

Figura 48 - Posição sentado.



Fonte: adaptado de Iida (2005, p.117.)

4.1.2.1 Altura da cabeça, a partir do assento, corpo ereto (Medida 2,1)

Para esta medida, foi utilizado como instrumento de medição um segmômetro, medindo o ponto que está localizado na parte superior da caixa antropométrica até a altura da cabeça do indivíduo. Este, permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados, conforme ilustrado na figura 49.

Figura 49 - Altura da cabeça, a partir do assento, corpo ereto.



Fonte: autora

4.1.2.2 Altura dos olhos, a partir do assento, ereto (Medida 2,2)

Para a medição da variável 2,2 foi utilizado como instrumento de medição um segmômetro, medindo o ponto que se encontra na parte superior da caixa antropométrica até a altura do centro dos olhos do indivíduo. Este, permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados. Para o resultado desta medida, foi realizada a Média Aritmética, pois foi repetido três vezes o valor, em função da

não precisão do local da medida dos olhos, em que o ponto acaba sendo subjetivo e aproximado.

4.1.2.3 Altura dos ombros, a partir do assento, ereto (Medida 2,3)

Para a medição da variável 2,3 foi utilizado como instrumento de medição um segmômetro, medindo o ponto que encontra-se na parte superior da caixa antropométrica até a altura dos ombros do indivíduo. Este, permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados. O ponto anatômico do ombro está localizado na parte da articulação entre os ossos Úmero e a parte superior acromial. A medição foi efetuada uma só vez.

4.1.2.4 Altura do cotovelo, a partir do assento, ereto (Medida 2,4)

Foi utilizado como instrumento de medição um segmômetro, medindo a parte superior da caixa até a altura do cotovelo do indivíduo. Este, permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados e o cotovelo flexionado 90° . A medição foi efetuada uma só vez.

4.1.2.5 Altura do joelho, sentado (Medida 2,5)

Foi utilizado como instrumento de medição um segmômetro, medindo o ponto da parte inferior do joelho até o chão. O indivíduo permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados, conforme segue ilustrado na figura 50.

Figura 50 - Altura do joelho, sentado.



Fonte: autora.

4.1.2.6 Altura políteia – parte inferior da coxa (Medida 2,6)

Para a variável 2,6 foi utilizado como instrumento de medição um segmômetro, medindo o ponto da parte posterior do joelho (entre os ossos Fêmur e Tíbia) até o solo. O indivíduo permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados. Nesta variável, foi observada uma dificuldade do indivíduo mensurado em permanecer com a perna estendida (sem apoio na perna), devido ao tempo prolongado para medição. O que pode ter acarretado em alguma diferença de valores no resultado na medição, tornando-a uma medição subjetiva e menos precisa.

4.1.2.7 Comprimento do antebraço, na horizontal até o centro da mão (Medida 2,7)

Para a variável 2,7 foi utilizado como instrumento de medição um paquímetro, medindo o ponto do cotovelo até o centro da mão. O indivíduo permaneceu na posição sentado, ereto e com o braço direito flexionado 90° e a mão estendida na horizontal.

4.1.2.8 Comprimento nádega-poplítea (Medida 2,8)

Foi utilizado como instrumento de medição um antropômetro, medindo o ponto da parte posterior do joelho até a nádega. O indivíduo permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados, conforme ilustrado na figura 51.

Figura 51 - Comprimento nádega-poplítea.



Fonte: autora.

4.1.2.9 Comprimento nádega-jelho (Medida 2,9)

Para a medição da variável 2,9, foi utilizado como instrumento de medição um antropômetro, medindo o ponto da parte anterior do joelho (parte externa) até a nádega. O indivíduo permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados, conforme ilustrado na figura 52.

Figura 52 - Comprimento nádega-jelho.



Fonte: autora.

4.1.2.10 Comprimento nádega-pé, perna estirada na horizontal (Medida 2,10)

Para a medição da variável 2,10, foi utilizado como instrumento de medição um antropômetro, medindo o ponto da parte posterior do pé até a nádega. O indivíduo permaneceu na posição sentado, ereto, com os ombros relaxados e a perna direita estendida, com o pé flexionado 90° . Também, foi encontrada uma dificuldade em permanecer com a perna estendida durante a medição devido a perna permanecer sem um suporte para o seu apoio. O que pode ter afetado no resultado do valor obtido, influenciando na precisão da medida.

4.1.2.11 Altura da parte superior das coxas (Medida 2,11)

Foi utilizado como instrumento de medição um antropômetro, medindo o ponto da altura da parte superior das coxas até a parte superior da caixa antropométrica. O indivíduo permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados. O ponto da parte superior da coxa é obtido pelos “braços” do segmômetro disposto sobre a coxa do indivíduo, formando um ângulo de 90° .

4.1.2.12 Largura entre ombros (Medida 2,12)

Para a medição da variável 2,12, foi utilizado como instrumento de medição um antropômetro, medindo a distância entre os ombros. O indivíduo permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados. O ponto anatômico para medição encontra-se na articulação entre os ossos Úmero e a parte Acromial, denominado ponto Biacromial. A imagem da coleta da medida antropométrica segue na figura 53.

Figura 53 - Largura entre ombros.



Fonte: autora

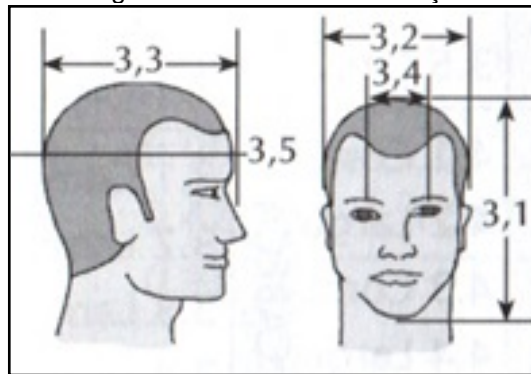
4.1.2.13 Largura dos quadris, sentado (Medida 2,13)

Para a medição da variável 2,13, foi utilizado como instrumento de medição um antropômetro, medindo a largura dos quadris. O indivíduo permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados. O ponto de medição, denominado Ilioespinal, está localizado na parte superior dos ossos da crista ilíaca. Essas denominações estão apresentadas na figura 34 da página 71 da presente pesquisa.

4.1.3 Coleta dos dados antropométricos da cabeça

Este item, refere-se às variáveis da cabeça do indivíduo. São descritas as medidas desde a variável 3,1 à variável 3,5. Para a realização destas medições, o indivíduo permaneceu sentado, ereto e com os ombros relaxados. Foram utilizados como instrumento de medição um paquímetro e um segmômetro. Para as medições de circunferência, foi utilizado a fita métrica. As variáveis descritas nesse item, seguem ilustradas na figura 54.

Figura 54 - Medidas da cabeça.

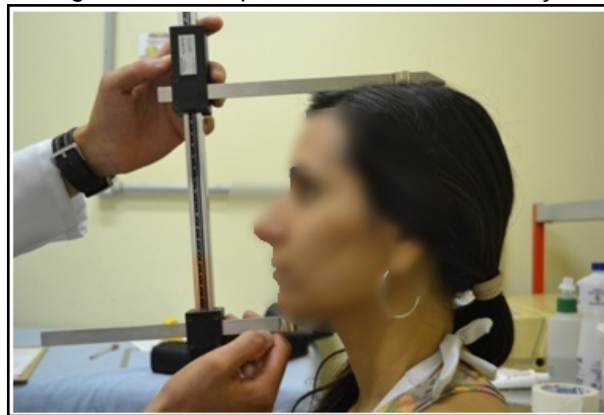


Fonte: Iida (2005, p.117).

4.1.3.1 Comprimento vertical da cabeça (Medida 3,1)

Para a medição da variável 3,1, foi utilizado como instrumento um antropômetro, medindo o comprimento vertical da cabeça. O indivíduo permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados, conforme ilustrado na figura 55.

Figura 55 - Comprimento vertical da cabeça.



Fonte: autora.

4.1.3.2 Largura da cabeça, de frente (Medida 3,2)

Para a medição da variável 3,2, foi utilizado como instrumento de medição um antropômetro, medindo a largura da cabeça, olhando de frente. O ponto anatômico se encontra no meio da cabeça (lateral). Foi utilizando como referência a altura das sobrancelhas. O indivíduo permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados, conforme ilustrado na figura 56.

Figura 56 - Largura da cabeça, de frente.

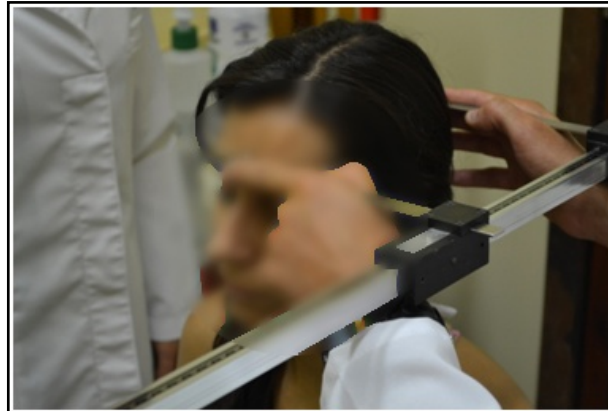


Fonte: autora.

4.1.3.3 Largura da cabeça, de perfil (Medida 3,3)

Para a medição da variável 3,3 foi utilizado como instrumento de medição um antropômetro, medindo a largura da cabeça de perfil. O indivíduo permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados, conforme segue ilustrado na figura 57.

Figura 57 - Largura da cabeça, de perfil.

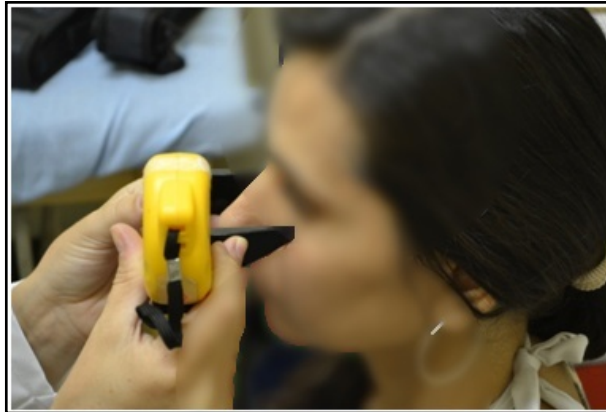


Fonte: autora.

4.1.3.4 Distância entre os olhos (Medida 3,4)

Para a medida da variável 3,4, foi utilizado como instrumento de medição um segmômetro, medindo a distância entre os olhos. O ponto encontra-se entre o centro dos olhos. O indivíduo permaneceu na posição sentado, ereto e com os ombros relaxados, conforme segue ilustrado na figura 58. O procedimento foi repetido três vezes e o resultado obtido pela Média Aritmética.

Figura 58 - Distância dos olhos.



Fonte: autora.

4.1.3.5 Circunferência da cabeça (Medida 3,5)

A circunferência da cabeça é obtida no Plano Frankfort no nível acima do ponto médio no meio da testa, com o indivíduo sentado. Para a obtenção da medida da variável 3,5, foi utilizada uma fita métrica. Foi pressionado o cabelo contra a cabeça e, após a certificação de que as orelhas não estavam incluídas, foi obtida a medida da circunferência. Segue na figura 59, a imagem que mostrar a coleta dos dados da medida.

Figura 59 - Medida da circunferência da cabeça.

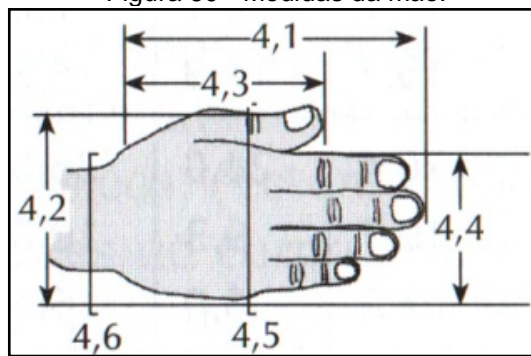


Fonte: autora

4.1.4 Coleta dos dados antropométricos da mão direita

Este item, refere-se às variáveis da mão direita do indivíduo. Serão apresentadas as medidas, desde a variável 4,1 à variável 4,7. Foram utilizados como instrumento fita métrica e um antropômetro. As variáveis que serão medidas neste item seguem ilustradas na figura 60.

Figura 60 - Medidas da mão.



Fonte: Iida (2005, p.117)

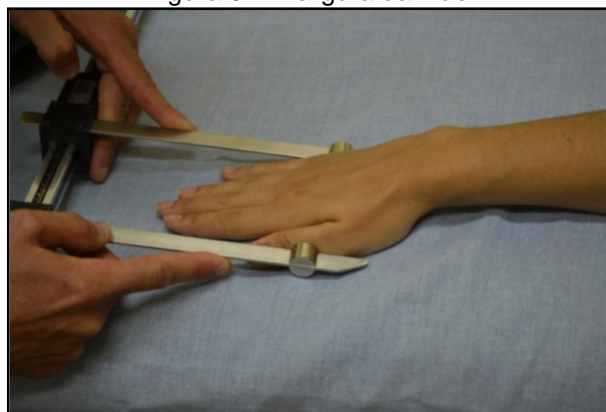
4.1.4.1 Comprimento da mão (Medida 4,1)

Para a medição da variável 4,1, foi utilizado como instrumento um antropômetro, medindo o comprimento da mão direita. A mão foi colocada sobre um plano horizontal. O ponto anatômico de referência está localizado na ponta do dedo médio e vai até o ponto que começa a articulação do punho, entre os ossos carpais e o Rádio. Esses pontos são denominados de comprimento entre o Dáctio e Estiloidal, conforme a figura 34 da página 71.

4.1.4.2 Largura da mão (Medida 4,2)

Para a medição da variável 4,2, foi utilizado como instrumento de medição um antropômetro, medindo a largura da mão direita com os dedos juntos. A mão foi colocada sobre um plano horizontal. O ponto anatômico de referência se encontra entre a articulação dos ossos da falange e do metacarpo. A variável 4,2 mede a largura da mão, com os dedos juntos, adicionando a largura do dedo polegar. A coleta da medida antropométrica segue na figura 61.

Figura 61 - Largura da mão.



Fonte: autora.

4.1.4.3 Comprimento da palma da mão (Medida 4,3)

Para a medição da variável 4,3, foi utilizado como instrumento um antropômetro, medindo o comprimento da palma da mão direita. A mão foi colocada sobre um plano horizontal. O ponto anatômico de referência se encontra na ponta do dedo polegar até o ponto em que começa a articulação do punho, entre os ossos carpais e o Rádio.

4.1.4.4 Largura da palma da mão (Medida 4,4)

Para a medição da variável 4,4, foi utilizado como instrumento um antropômetro, medindo a largura da palma da mão direita. A mão foi colocada sobre um plano horizontal. O ponto anatômico de referência se encontra entre a articulação dos ossos da falange e do metacarpo. A variável 4,4 mede a largura da mão fechada desconsiderando o dedo polegar.

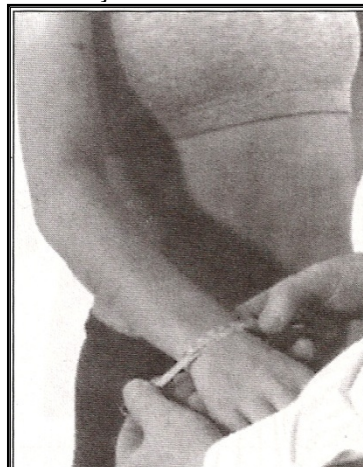
4.1.4.5 Circunferência da mão (Medida 4,5)

Para a medição da variável 4,5, foi utilizado como instrumento de uma fita métrica, medindo a circunferência da mão direita. O ponto anatômico de referência encontra-se entre a articulação dos ossos da falange e do metacarpo.

4.1.4.6 Circunferência do punho (Medida 4,6)

Para a medição da variável 4,6, foi utilizado como instrumento uma fita métrica. O ponto é identificado entre os ossos carpais e o osso denominado Rádio. Segue na figura 62 uma imagem que representa a medição desta variável.

Figura 62 - Medição da circunferência do punho.

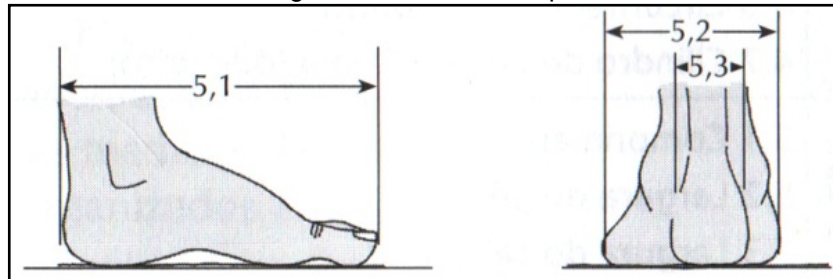


Fonte: Norton e Olds (2005, p.69).

4.1.5 Coleta dos dados antropométricos do pé direito

Este item, refere-se ao levantamento antropométrico das medidas do pé direito. Serão apresentadas as coletas das medidas das variáveis 5,1 à 5,3. Para a realização destas medições, o indivíduo permaneceu sobre a caixa antropométrica, na posição em pé. Foram utilizados como instrumento de medição um antropômetro. As variáveis coletadas neste item, seguem ilustradas na figura 63.

Figura 63 - Medidas do pé.



Fonte: Iida (2005, p.117).

4.1.5.1 Comprimento do pé (Medida 5,1)

Para a medição da variável 5,1, foi utilizado como instrumento um antropômetro, medindo o comprimento do pé. O ponto anatômico de referência se encontra entre a ponta do primeiro pododáctilo (dedo maior do pé) até o final do calcânhar. A imagem da medição do comprimento do pé segue ilustrada na figura 64.

Figura 64 - Comprimento do pé.



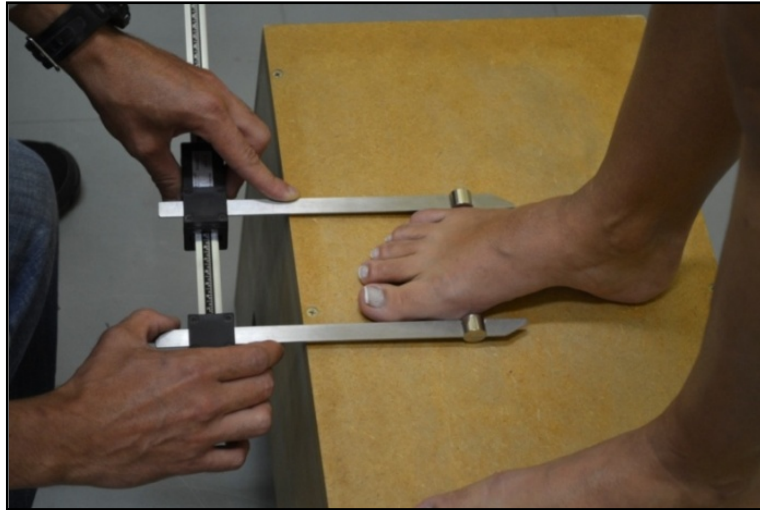
Fonte: autora.

4.1.5.2 Largura do pé (Medida 5,2)

Para a medição da variável 5,2, foi utilizado como instrumento um antropômetro, medindo a largura do pé. O ponto anatômico de referência se encontra entre a articulação da falange e do osso metatarsal, geralmente, é a parte

mais larga do pé. A imagem da medição da largura do pé direito segue ilustrada na figura 65.

Figura 65 - Largura do pé.



Fonte: autora.

4.1.5.3 Largura do calcanhar (Medida 5,3)

Para a medição da variável 5,3, foi utilizado como instrumento um antropômetro, medindo a largura do calcanhar. O ponto anatômico de referência se encontra na parte mais larga do calcanhar.

4.2 QUADRO DE REFERÊNCIA-BASE

Neste item, é apresentada uma tabela com os valores obtidos das variáveis pelo processo de medição manual. A tabela encontra-se dividida em cinco partes (corpo em pé, corpo sentado, cabeça, mãos e pés) conforme descrito no item 4.2. Portanto, são apresentados os valores das variáveis medidas referentes à primeira etapa do processo metodológico. Os valores serão comparados e avaliados com as medidas antropométricas que serão obtidas através do método indireto desenvolvido na presente pesquisa.

Tabela 1: Resultado do levantamento antropométrico pelo método direto.

1. CORPO EM PÉ		(cm)
1.1	ESTATURA, CORPO ERETO	159
1.2	ALTURA DOS OLHOS, EM PÉ, ERETO	149,5
1.3	ALTURA DOS OMBROS, EM PÉ, ERETO	133,5
1.4	ALTURA DO COTOVELO, EM PÉ, ERETO	99
1.5	ALTURA DO CENTRO DA MÃO, BRAÇO PENDIDO, EM PÉ	74
1.6	ALTURA DO CENTRO DA MÃO, BRAÇO ERGUIDO, EM PÉ	190
1.7	COMPRIMENTO DO BRAÇO, NA HORIZONTAL, ATÉ O CENTRO DA MÃO	65
1.8	PROFUNDIDADE DO CORPO, NA ALTURA DO TÓRAX	15,7
1.9	LARGURA DOS OMBROS, EM PÉ	34,8
1.10	LARGURA DOS QUADRIS, EM PÉ	26,8
2. CORPO SENTADO		
2.1	ALTURA DA CABEÇA, A PARTIR DO ASSENTO, CORPO ERETO	85,5
2.2	ALTURA DOS OLHOS, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	74,5
2.3	ALTURA DOS OMBROS, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	57,1
2.4	ALTURA DOS COTOVELO, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	24,3
2.5	ALTURA DO JOELHO SENTADO	44,2
2.6	ALTURA POPLÍTEA (PARTE INFERIOR DA COXA)	41,3
2.7	COMPRIMENTO DO ANTEBRAÇO, NA HORIZONTAL ATÉ O CENTRO DA MÃO	29
2.8	COMPRIMENTO NÁDEGA-POPLÍTEA	46,5
2.9	COMPRIMENTO NÁDEGA-JOELHO	55,8
2.10	COMPRIMENTO NÁDEGA-PÉ, PERNA ESTIRADA NA HORIZONTAL	97,5
2.11	ALTURA DA PARTE SUPERIOR DAS COXAS	15,4
2.12	LARGURA ENTRE COTOVELOS	35,4
2.13	LARGURA DOS QUADRIS, SENTADO	25
3. CABEÇA		
3.1	COMPRIMENTO VERTICAL DA CABEÇA	18,8
3.2	LARGURA DA CABEÇA, DE FRENTE	13,7
3.3	LARGURA DA CABEÇA, DE PERFIL	18,4
3.4	DISTÂNCIA ENTRE OS OLHOS	3
3.5	CIRCUNFERÊNCIA DA CABEÇA	52
4. MÃOS		
4.1	COMPRIMENTO DA MÃO	16,9
4.2	LARGURA DA MÃO	9
4.3	COMPRIMENTO DA PALMA DA MÃO	8,6
4.4	LARGURA DA PALMA DA MÃO	7,7
4.5	CIRCUNFERÊNCIA DA PALMA	20,5
4.6	CIRCUNFERÊNCIA DO PUNHO	4,5
5. PÉS		
5.1	COMPRIMENTO DO PÉ	22,6
5.2	LARGURA DO PÉ	9,1
5.3	LARGURA DO CALCANHAR	4,1

Fonte: autora.

4.3 DESENVOLVIMENTO DA SEGUNDA ETAPA: LEVANTAMENTO ANTROPOMÉTRICO UTILIZANDO O KINECT

Esta etapa contempla o desenvolvimento e a descrição do processo de digitalização tridimensional utilizando o dispositivo Kinect desenvolvido pela

Microsoft, o *software* Kscan3D desenvolvido pela *3D3 Solutions* para geração do modelo tridimensional e o uso do *software* 3D Studio Max desenvolvido pela *Autodesk*. Será apresentado o funcionamento do Kscan3D bem como as recomendações e as restrições para a geração do modelo tridimensional e o processo de medição.

O Kscan3D foi selecionado por ser de fácil aquisição e baixo custo em relação a outros *softwares* no mercado, sendo encontrado no valor de 300 dólares. Foram testados para o desenvolvimento da presente pesquisa outros dois *softwares*, *ReconstructMe* e *Skanect*, para geração do modelo tridimensional utilizando o dispositivo Kinect. Entretanto, não foram alcançados resultados satisfatórios para o objetivo da presente pesquisa.

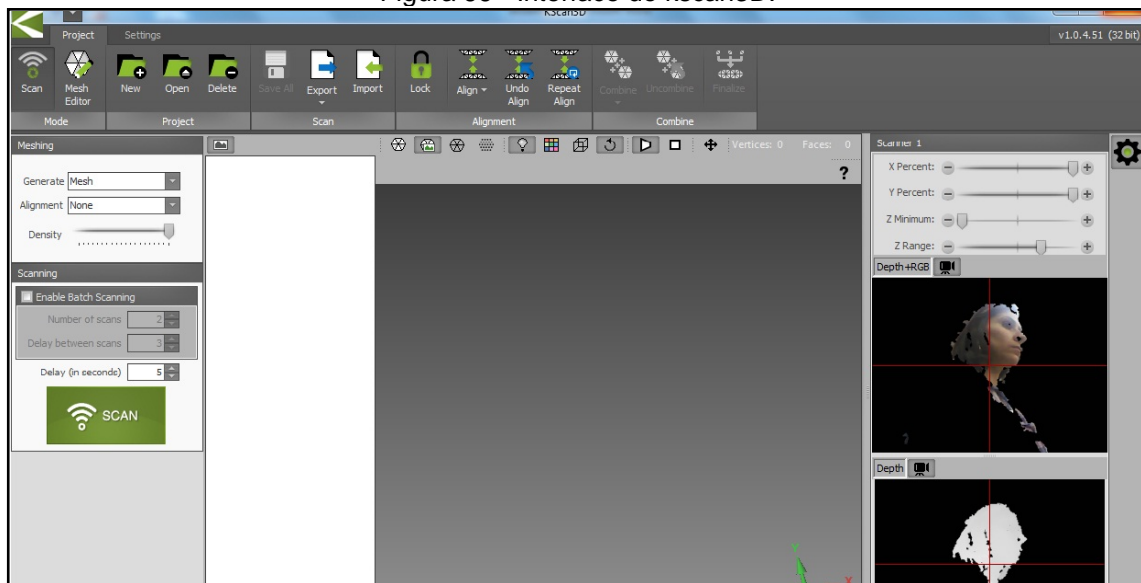
Os *softwares* de geração do modelo tridimensional associados ao dispositivo Kinect requerem, para o seu funcionamento, um alto investimento financeiro no que tange ao sistema computacional que é exigido como, por exemplo, o *software* *ReconstructMe*.

Através do Kinect, as informações das imagens digitalizadas, quanto às cores e a profundidade, são coletadas e convertidas em uma malha tridimensional. É possível editar, processar e alinhar essas malhas tridimensionais e, assim, gerar um modelo 3D. O modelo gerado pode ser exportado em formato 3d3, obj, ply, asc, stl e fbx. Assim, os modelos tridimensionais obtidos podem ser trabalhados em outros *softwares* de modelagem tridimensional como o *Geomagic*®, *3D Studio Max* e *Rhinoceros*.

4.3.1 Geração do modelo tridimensional

A interface do Kscan3D encontra-se dividida em: barra de ferramentas na parte superior da tela, opções de alinhamento e digitalização na parte esquerda da tela e, na parte direita, há dois visores que apresentam, respectivamente, as imagens em tempo real através da câmera RGB e do sensor de profundidade, conforme ilustrado na figura 66. O Kscan3D possibilita o alinhamento das malhas tridimensionais e, estas, podem ser realizadas de duas formas distintas: automaticamente ou manualmente.

Figura 66 - Interface do kscan3D.



Fonte: autora

Para obtenção do modelo tridimensional, inicialmente, foram realizados testes pelo alinhamento automático, em que o *software* alinha automaticamente as malhas tridimensionais. Foram observados alguns problemas pelo processo de alinhamento automático como a digitalização do corpo inteiro.

O indivíduo deve se manter parado durante a digitalização das imagens pelo Kinect. Se o indivíduo alterar a posição do braço ou da cabeça, por exemplo, no momento da varredura, é gerado um modelo 3D com imperfeições na sua configuração. Descaracterizando, assim, a forma do indivíduo. A tolerância, portanto, para a movimentação do indivíduo durante a digitalização se restringe à respiração.

O processo de alinhamento automático pelo *software* funcionou satisfatoriamente para os membros do corpo humano como, por exemplo, somente a cabeça e o busto, ou somente as pernas.

A geração do modelo 3D de corpo inteiro, no entanto, só foi possível através do processo de alinhamento manual. Assim, é possível controlar o número de digitalizações necessárias e o tempo entre cada uma delas. Para a geração do modelo tridimensional, foram observadas a iluminação, a vestimenta do indivíduo e o movimento do indivíduo durante a digitalização. Foram realizados vários testes e, assim, identificados alguns problemas ou restrições para a realização da digitalização, como:

- Cabelo solto - o indivíduo deve estar com o cabelo preso na hora da varredura ou deve usar uma touca, caso tenha cabelo comprido. O cabelo no

modelo 3D, fica atrelado à cabeça, dificultando a localização dos pontos para medição, conforme apresentado na figura 67.

Figura 67 - Modelo 3D do indivíduo com o cabelo solto.



Fonte: autora.

- Acessórios – o uso de acessórios, como brincos, causam problemas no modelo tridimensional, gerando um volume que dificulta a medição da variável.
- Luminação - pouca iluminação no ambiente durante a varredura das imagens provoca falhas na malha tridimensional. Essas falhas impossibilitam a geração do modelo tridimensional, conforme demonstrado na figura 68.

Figura 68 - Imagem gerada com pouca iluminação.



Fonte: autora.

- Modelo 360° - Para gerar o modelo 3D, deve-se digitalizar o indivíduo em 360°, caso contrário, há distorção da malha tridimensional, conforme ilustrado na figura 69.

Figura 69 - Distorção da malha tridimensional.



Fonte: autora.

Após a identificação dos problemas para a digitalização, foi iniciado o processo de geração do modelo 3D. Para tanto, foi desenvolvida uma plataforma giratória em que o indivíduo permaneceu em pé e parado enquanto a plataforma faz uma rotação de 360°. Para o desenvolvimento da plataforma, foram utilizadas duas placas de MDF cru, contendo cada uma 2 mm de espessura. Foram cortadas por uma cortadora a *laser*, em um diâmetro de 56 cm cada uma das placas. A cortadora a *laser* se encontra disponível para uso no Laboratório Virtual Design do programa de Pós-Graduação em Design/UFRGS. Foram demarcados sobre a plataforma os ângulos necessários para cada digitalização. A rotação da plataforma, portanto, incidiu nos ângulos demarcados, conforme ilustrado na figura 70.

Figura 70 - Plataforma giratória.



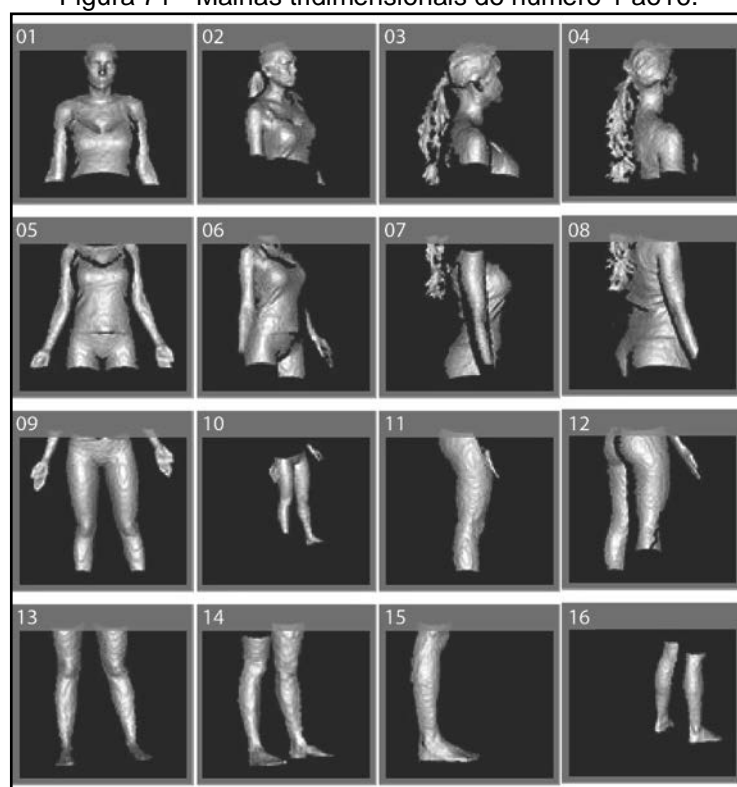
Fonte: autora.

Na primeira placa de MDF, foi colocado um adesivo em forma de pé para auxiliar na localização do indivíduo sobre a plataforma. A cor azul do adesivo foi escolhida pelo seu alto contraste obtido com a cor da pele do indivíduo e, assim, pôde auxiliar na visualização das malhas tridimensionais do pé e o solo, onde foram realizados os cortes das malhas. A demarcação dos ângulos sobre a plataforma,

situados em 45° cada, se deve ao número de digitalizações das imagens necessárias para a geração do modelo 3D, resultando em 32 malhas tridimensionais. Foram testadas outras angulações para a montagem das malhas tridimensionais do modelo. A cada 30° de angulação, no movimento da plataforma, foram geradas 48 malhas tridimensionais.

O arquivo final em formato 'obj' resultou em 125 mega bytes. Portanto, foram testados *scans* a cada 90° de rotação da plataforma. Devido a pouca quantidade de malhas tridimensionais geradas, total de 12, o modelo final apresentou falhas e distorções na malha. Para geração do modelo 3D final, o indivíduo permaneceu na plataforma, durante a varredura das imagens, por apenas 2 minutos e 8 segundos. Portanto, 4 segundos para cada *scan*, totalizando em 32 *scans*. Após a digitalização, foi iniciado o processo de montagem das malhas tridimensionais. A figura 71 apresenta as malhas tridimensionais geradas através da digitalização com o Kinect que vai do número 01 ao número 16.

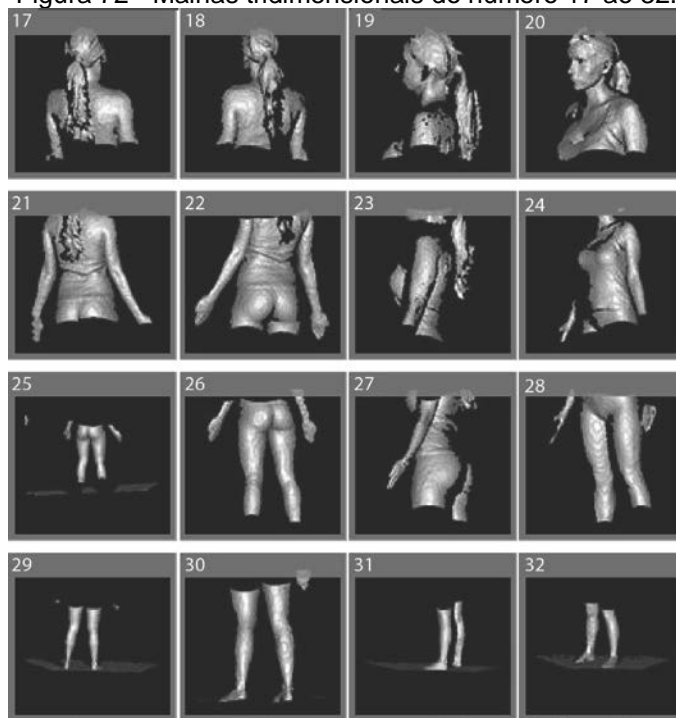
Figura 71 - Malhas tridimensionais do número 1 ao16.



Fonte: autora.

A figura 72 apresenta as malhas tridimensionais geradas pelo processo de digitalização da numeração 17 ao 32.

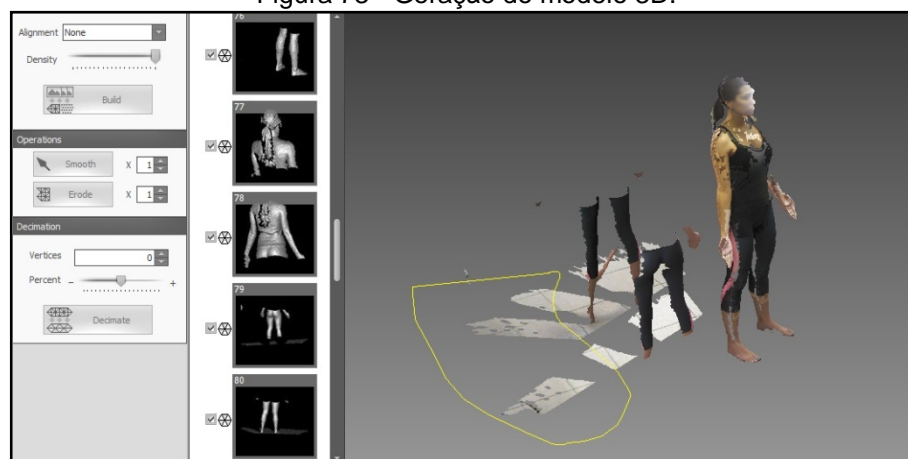
Figura 72 - Malhas tridimensionais do número 17 ao 32.



Fonte: autora.

Durante o processo de alinhamento, foram eliminadas as imagens digitalizadas no qual não faziam parte do modelo 3D, por exemplo, o piso. A figura 73 apresenta o processo de alinhamento das malhas tridimensionais e, em amarelo, é demonstrado o corte das imagens do piso pelo operador do *software* Kscan3D.

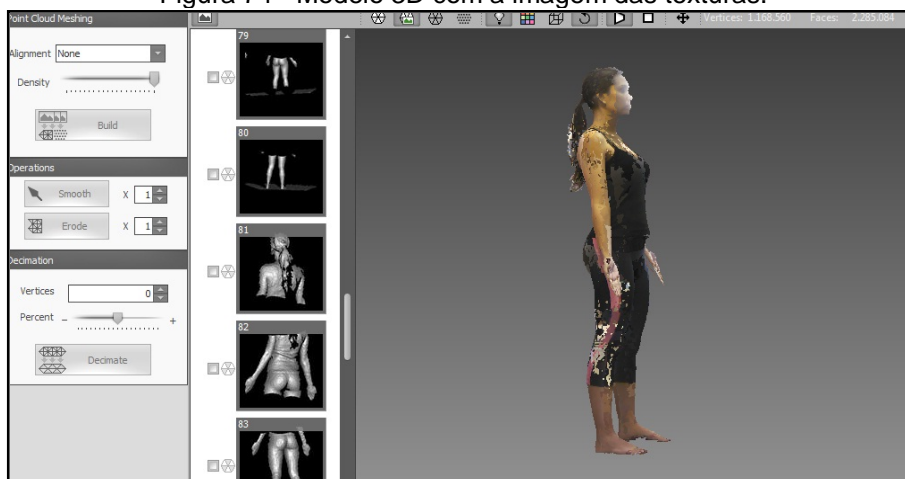
Figura 73 - Geração do modelo 3D.



Fonte: autora.

A figura 74 apresenta o modelo tridimensional após o alinhamento de todas as malhas e a eliminação do piso. Nesta figura, a imagem encontra-se com a opção selecionada: visualização com texturas e cores.

Figura 74 - Modelo 3D com a imagem das texturas.



Fonte: autora.

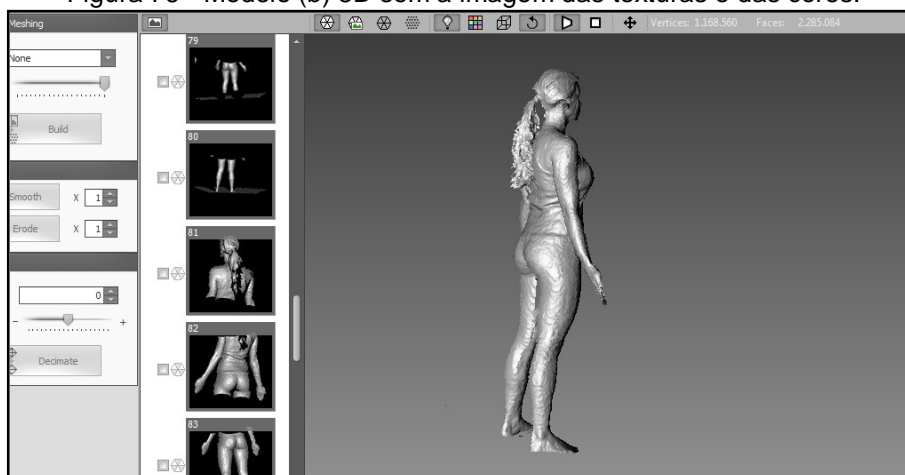
As figuras 75 (a) e 76 (b) apresentam as imagens do modelo 3D na opção de visualização sem texturas e sem cores.

Figura 75 - Modelo (a) 3D sem a imagem das texturas e das cores.



Fonte: autora.

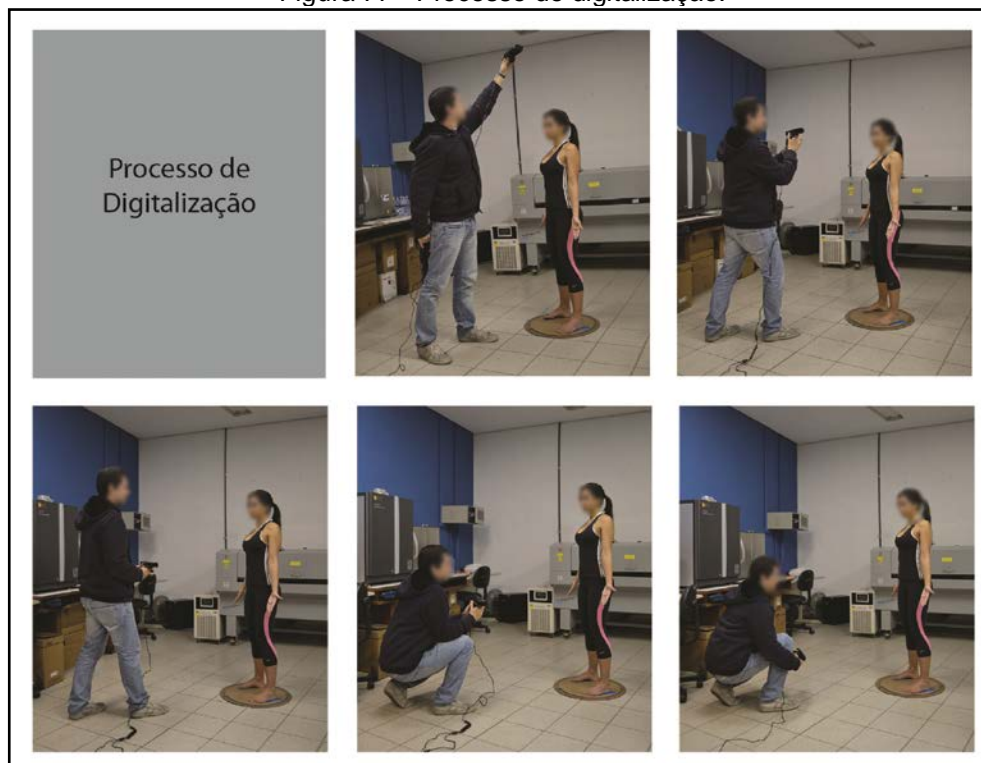
Figura 76 - Modelo (b) 3D sem a imagem das texturas e das cores.



Fonte: autora.

Durante o processo de digitalização, foi possível, ainda, a geração do modelo 3D a partir da movimentação do operador do Kinect em torno do indivíduo permanecendo parado. Portanto, sem o uso da plataforma giratória. O operador circulou em torno do indivíduo e, assim, conseguiu obter a varredura das imagens em diferentes ângulos, completando 360°. O processo da digitalização segue ilustrado na figura 77.

Figura 77 - Processo de digitalização.



Fonte: autora

No decorrer do processo de digitalização do corpo humano, foram identificadas algumas recomendações e algumas restrições para a obtenção do modelo tridimensional, no qual serão descritas detalhadamente no item 4.3.2.

4.3.2 Recomendações e Restrições

Ao iniciar o processo de digitalização, foi observado que algumas imagens ou não eram reconhecidas pelo sensor Kinect ou causavam falhas na malha tridimensional. Foram consideradas algumas variáveis durante o processo de varredura das imagens e, estas, foram descritas em recomendações e restrições para o processo de digitalização do corpo humano.

As variáveis analisadas durante o processo foram: o tamanho, a forma, a iluminação do ambiente, a distância do indivíduo em relação ao dispositivo Kinect,

as vestimentas do indivíduo a ser digitalizado (quanto à cor do tecido) e o movimento do indivíduo no momento da varredura da imagem.

4.3.2.1 Tamanho e Forma

Foram realizados testes para analisar a captura das imagens digitalizadas no corpo humano em relação aos membros do corpo digitalizados individualmente e ao corpo humano completo.

Foi identificado que as imagens geradas de detalhes de membros pequenos, como mãos, pés e partes do rosto (boca, orelhas e olhos) não apresentaram definição nos detalhes em relação à profundidade da geometria tridimensional. Também, a forma da geometria tridimensional da superfície do corpo mostrou-se com maior definição para superfícies lisas do corpo. Membros como orelhas e olhos, onde há profundidade e, portanto, sombras na superfície da pele, não foram detectadas pelas câmeras, RGB e de profundidade, do dispositivo Kinect.

4.3.2.2 Iluminação

Quanto à iluminação, foi identificado que a varredura das imagens deve ser realizada em um ambiente no qual seja iluminado de maneira uniforme. Preferencialmente, em um ambiente com luz artificial e com luzes por todos os lados. Foram testados ambientes iluminados com lâmpadas fluorescentes e incandescentes.

Os ambientes iluminados com lâmpadas fluorescentes obtiveram um bom resultado na malha tridimensional gerada. No entanto, as malhas tridimensionais geradas através da digitalização, em ambiente com lâmpadas incandescentes, obtiveram falhas na sua composição.

4.3.2.3 Distância

Para o melhor desempenho do processo de obtenção do modelo tridimensional, foi analisada a distância em que o indivíduo deve permanecer em relação às câmeras do Kinect. Assim, por meio de testes, foi identificada a distância em que o modelo 3D gerado, obtivesse maior nível de precisão em relação às malhas tridimensionais geradas, isto é, com menos falhas nas imagens 3D. Conforme os resultados das análises, o mínimo recomendado para que as câmeras

do Kinect consigam gerar a imagem tridimensional do indivíduo encontra-se em torno de 50 cm. O máximo de distância em que o indivíduo deve se localizar em relação ao Kinect encontra-se em torno de 1 metro e 40 cm.

Portanto, para o processo de digitalização da presente pesquisa, à distância em que o indivíduo permaneceu no momento da varredura da imagem em relação ao Kinect foi de 60 cm.

4.3.2.4 Vestimenta do indivíduo

Também, foram analisadas diferentes cores de vestimenta para a identificação da melhor opção para a geração do modelo tridimensional. Conforme os testes realizados, foi identificado que vestimentas coloridas e com brilho, causavam falhas nas malhas tridimensionais. Vestimentas com cores neutras obtiveram um melhor resultado nas malhas 3D. Ainda, foi identificado que, ao utilizar roupas com alguma identificação, como listras, estas poderiam servir como referência e, assim, auxiliar no momento do agrupamento das malhas tridimensionais. Para a geração do modelo 3D, portanto, foi utilizada uma blusa na cor preta com listras brancas nas laterais e uma calça na cor preta, com uma listra na cor rosa em cada perna, na vertical, que serviu como referência para auxiliar no agrupamento das malhas.

4.3.2.5 Movimento do indivíduo

Quanto ao movimento do indivíduo durante a varredura da imagem, o mesmo deve permanecer parado. Se houver movimento durante o processo de varredura, tanto no alinhamento automático quanto no manual, irá causar falhas na malha tridimensional e a qualidade dos dados se torna prejudicada. O movimento do indivíduo provoca um desalinhamento nas malhas 3D, impossibilitando o seu agrupamento. Entretanto, o movimento da respiração do indivíduo durante a varredura da imagem, não ocasionou interferência significativa na qualidade dos dados da malha 3D gerada.

4.3.3 Quadro-resumo

Conforme descrito no item 4.3.2 da presente pesquisa, foi elaborado um quadro-resumo informando recomendações para um bom desempenho na geração do modelo tridimensional bem como restrições encontradas durante o processo.

Quadro 03: Recomendações e limitações para o processo de digitalização

VARIÁVEIS	RECOMENDAÇÕES	RESTRICÇÕES
TAMANHO	Corpo humano	Detalhes das mãos, detalhes da orelha, detalhes dos olhos e da boca
FORMA	Pouca profundidade na superfície do corpo humano, o kinect captura melhor formas lisas.	Formas contendo alta profundidade, sombras e detalhes na superfície da pele Ex: detalhes da orelha
ILUMINAÇÃO	Luz fluorescente Ambiente fechado	Luz incandescente Ambiente ao ar livre
DISTÂNCIA	Mínimo 40 cm	Máximo 1, 40 cm
VESTIMENTA DO INDIVÍDUO DIGITALIZADO	Cores neutras ou com listras Cabelo deve estar preso	Brilho e colorida Uso de acessórios como brincos Cabelo solto
MOVIMENTO DO INDIVÍDUO DIGITALIZADO	Se manter parado	Pequenos movimentos, como mexer o braço, prejudica a geração do modelo 3D

Fonte: autora.

Após o processo de digitalização e do desenvolvimento do modelo 3D, foram realizados os levantamentos dos parâmetros antropométricos no modelo 3D gerado e, este processo, será descrito no item 4.4.

4.4 LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS

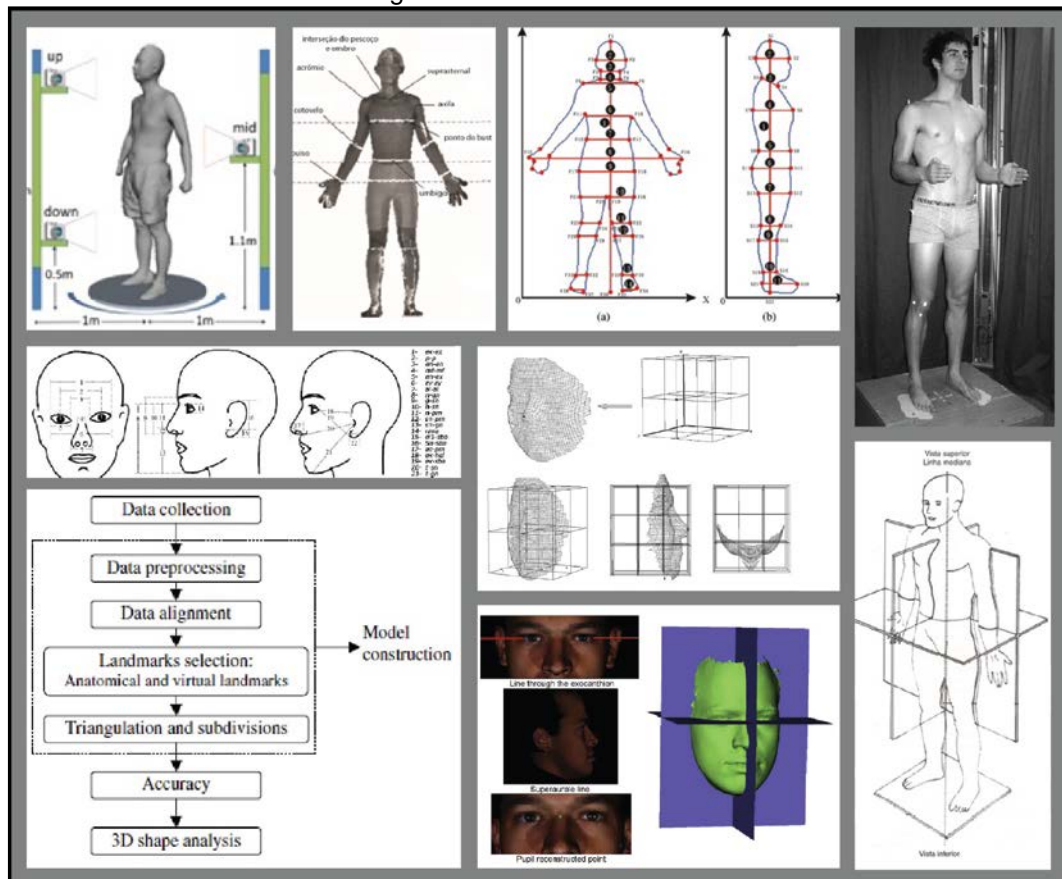
Antes de iniciar o levantamento antropométrico no modelo 3D, foi elaborado um painel semântico, com imagens e fotos apanhadas a partir do referencial teórico abordado na presente pesquisa. Esse painel semântico foi organizado com o objetivo de gerar suporte técnico-criativo para a solução do problema.

Algumas imagens do painel semântico representam os processos metodológicos que foram desenvolvidos pelos autores, para a obtenção de medidas antropométricas, utilizando digitalizadores tridimensionais a *laser*.

Outras imagens representam métodos para obtenção de modelos tridimensionais a partir de imagens bidimensionais. Foram ainda, introduzidas no painel semântico, imagens de trabalhos que demonstram o processo de varredura com o uso de plataformas giratórias. Ainda, imagens que enfatizam a

tridimensionalidade do corpo humano através dos planos horizontal e vertical. O painel semântico segue na figura 78.

Figura 78 - Painel semântico.



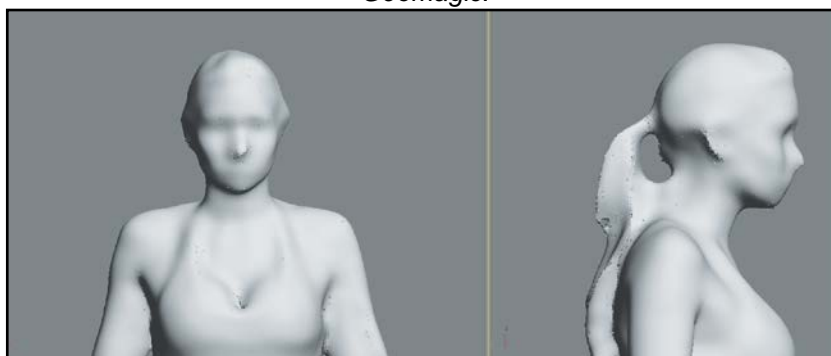
Fonte: autora com base em Lin e Wang (2012); Lu e Wang (2008); Tong *et al.* (2012); Norton e Olds (2005); Luximon *et al.* (2012); Moreno *et al.* (2009); Tomkinson e Shaw. (2013); Maal *et al.* (2010).

4.4.1 Procedimento

Este item tem como objetivo descrever o processo que foi realizado para a obtenção das medidas antropométricas. As malhas tridimensionais do modelo 3D gerado podem ser suavizadas tornando-as, desta forma, com menos rugosidade em sua superfície. Esta suavização pode ser obtida através do uso do *software Geomagic®*.

Portanto, as malhas do modelo foram suavizadas para verificação se haveria influência na precisão do modelo 3D e, conseqüentemente, nas medidas em que serão obtidas posteriormente. Logo, após a suavização das malhas, algumas partes do corpo como: nariz, olhos e boca, perderam a definição dos detalhes. A demonstração da perda da definição na malha 3D segue ilustrada na figura 79.

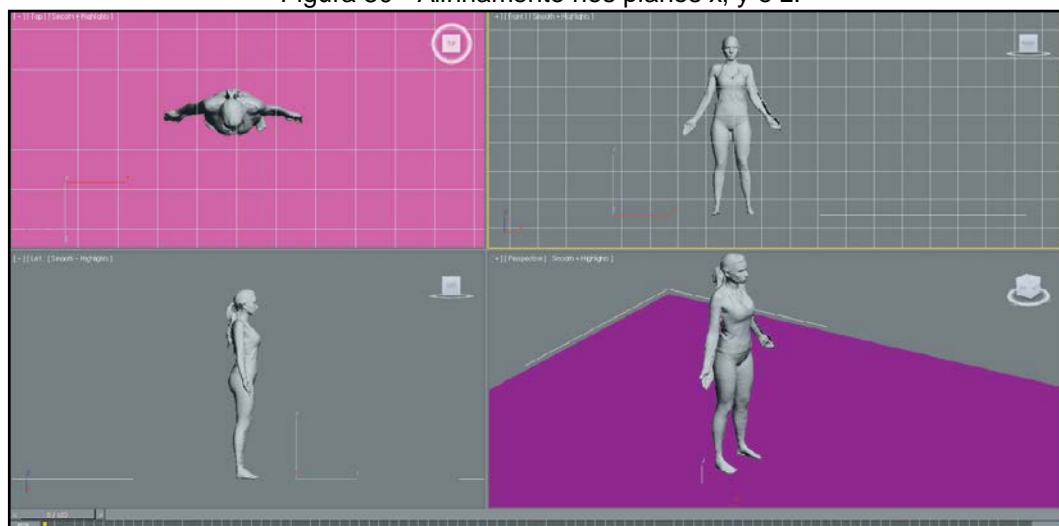
Figura 79 - Imagem do modelo 3D após o processo de suavização das malhas no *software Geomagic*.



Fonte: autora.

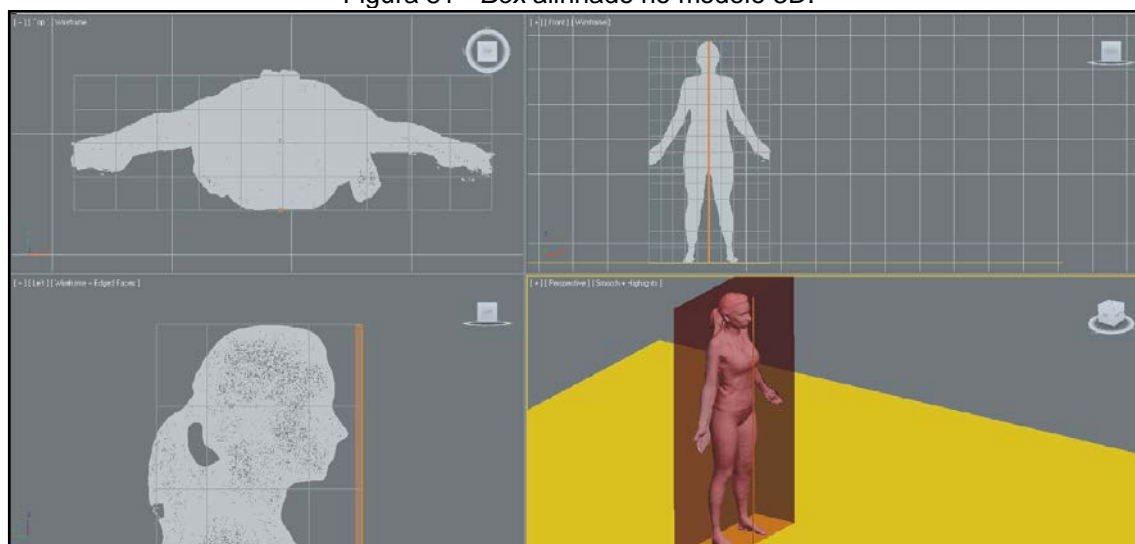
Portanto, o modelo 3D obtido pelo Kscan3D não passará pelo processo de suavização da malha pelo *Geomagic*®. O modelo foi exportado diretamente para o *software 3D Studio Max 2010*. Ao exportar o arquivo, o modelo foi alinhado nos planos x, y e z, conforme ilustrado na figura 80. O alinhamento foi necessário para dar início ao levantamento dos parâmetros antropométricos.

Figura 80 - Alinhamento nos planos x, y e z.



Fonte: autora

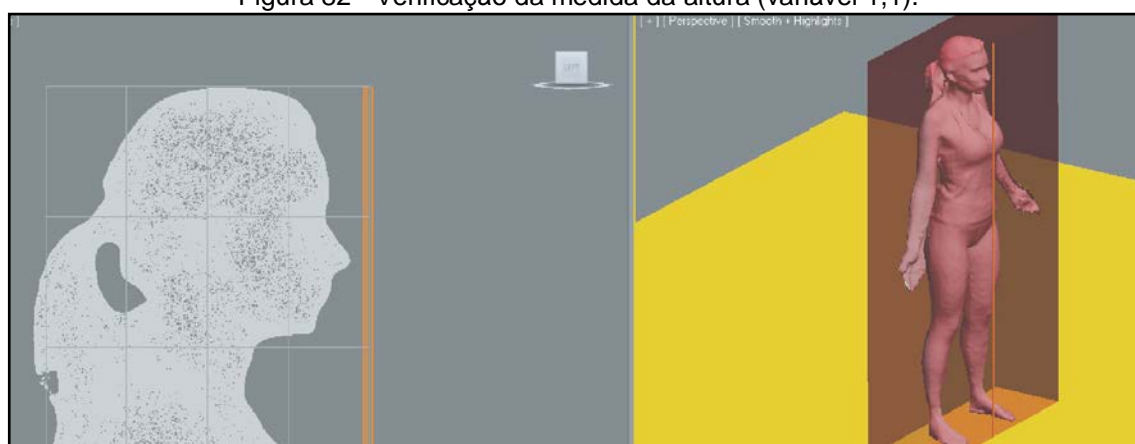
Após o alinhamento, foi desenhado um *Box* no espaço tridimensional que irá servir como referência para verificação e aquisição das medidas antropométricas. O desenho do *Box* segue ilustrado na figura 81. O *Box* foi alinhado nos eixos x, y e z do modelo 3D.

Figura 81 - *Box* alinhado no modelo 3D.

Fonte: autora.

Deste modo, foi verificada a escala do modelo, utilizando como referência a altura do indivíduo digitalizado. Esta verificação foi possível através do conhecimento prévio da altura do indivíduo. Com o menu '*Shapes*' e a ferramenta '*Line*', foi desenhada uma linha reta que vai ao encontro, desde o solo do *box* até a parte mais alta da cabeça do modelo tridimensional, conforme ilustrado na figura 82.

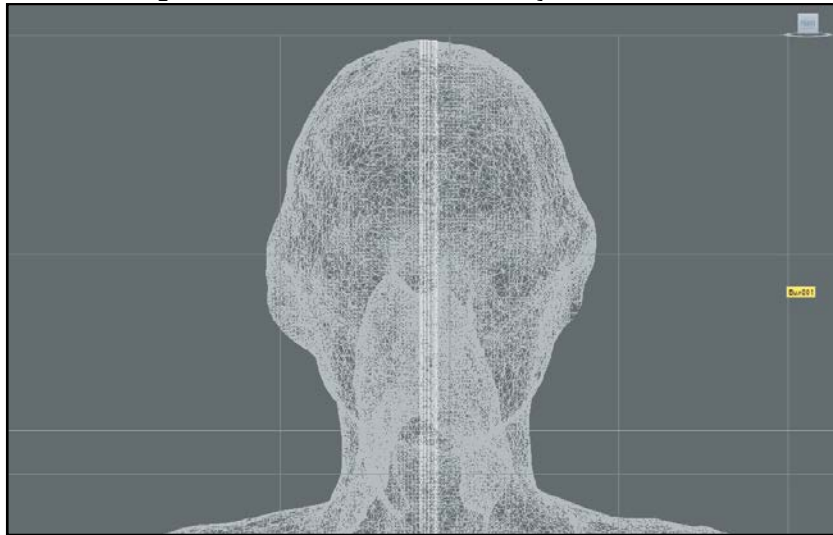
Figura 82 - Verificação da medida da altura (variável 1,1).



Fonte: autora.

Logo, foram realizadas as medições do indivíduo na posição em pé e ereto, na posição sentado, das medidas da mão direita, do pé direito e da cabeça. A figura 83 apresenta a medição da estatura.

Figura 83 - Ferramentas de obtenção da medida.

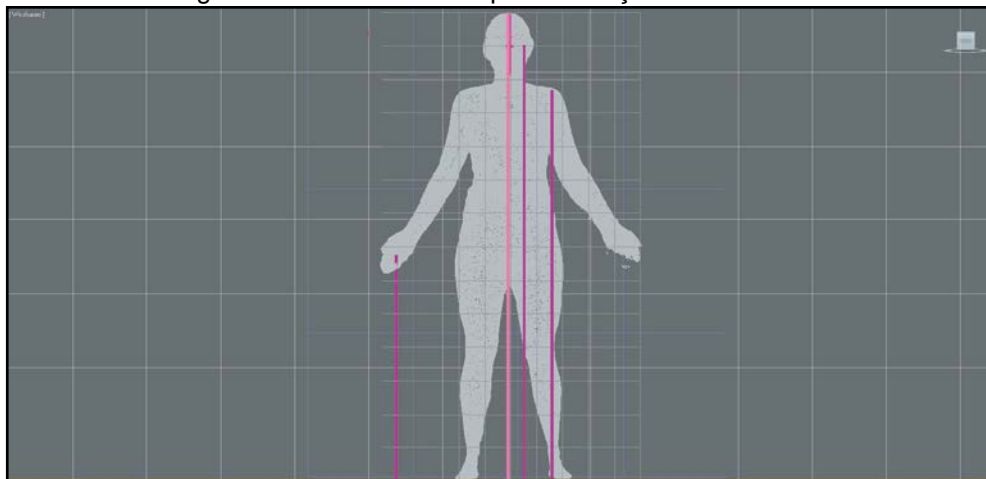


Fonte: autora.

4.4.1.1 Medições com o indivíduo na posição em pé

As medidas, portanto, foram sendo obtidas pelo processo do desenho de linhas criadas dentro do *Box*, nos eixos x, y e z, conforme ilustrado na figura 84.

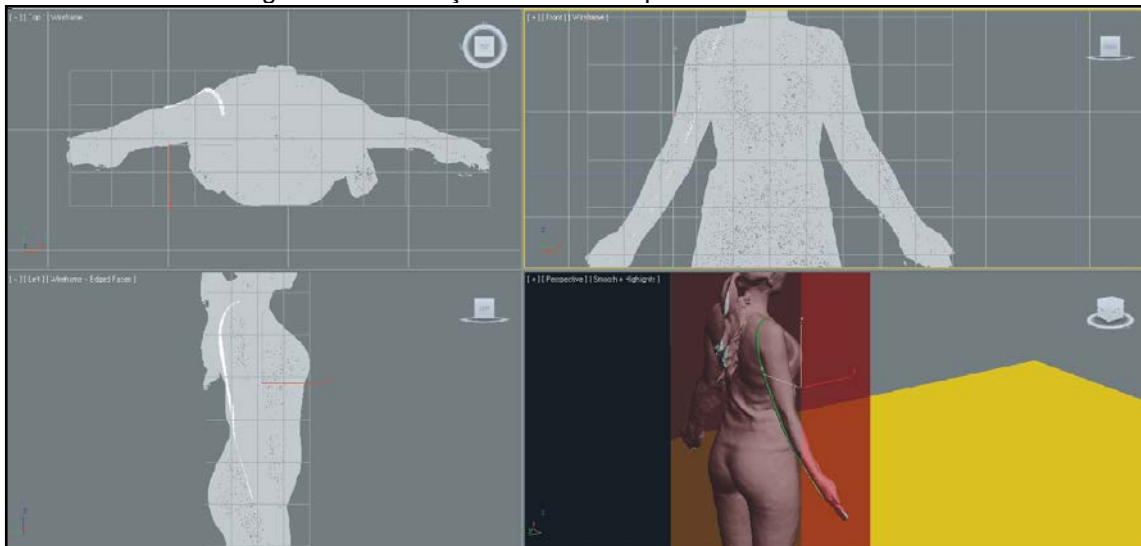
Figura 84 - Linhas criadas para obtenção das medidas.



Fonte: autora

No entanto, algumas variáveis não foram possíveis de serem obtidas pela ferramenta 'line' utilizando medidas lineares. As variáveis como a de número 1,5 (altura do centro da mão com o braço pendido, na posição em pé), foram obtidas através do contorno do braço, conforme os pontos demarcados sobre a malha tridimensional. A figura 85 apresenta a medição da variável 1,5.

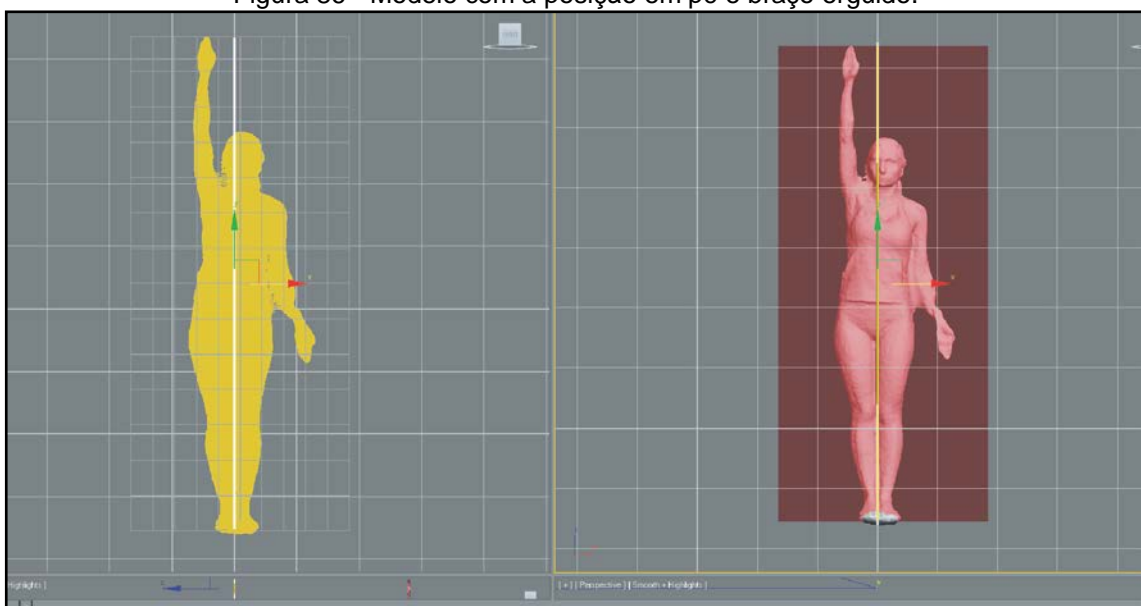
Figura 85 - Obtenção de medidas pela ferramenta curve.



Fonte: autora.

Para a obtenção da medida da variável altura do centro da mão com o braço erguido e na posição em pé, foi realizada uma nova digitalização. Agora, com o indivíduo com a mão direita erguida, foi gerado um novo modelo 3D. Para a geração do modelo 3D, entretanto, não foi necessário digitalizar o indivíduo em 360°, ou seja, com 32 *scans*. Portanto, processo de digitalização 3D demorou 16 segundos e foram necessários 4 *scans* para a obtenção da medida do corpo inteiro e com o braço erguido. A figura 86 apresenta a medição da altura com o braço erquido.

Figura 86 - Modelo com a posição em pé e braço erguido.



Fonte: autora.

4.4.1.2 Medições com o indivíduo na posição sentado

Para as medições das variáveis em que o indivíduo encontra-se na posição sentado, foi realizada uma nova digitalização. Foram necessários 8 scans para a obtenção do modelo 3D e o processo de digitalização demorou em torno de 32 segundos.

Para o processo de medição, foram desenhados dois planos horizontais nos quais servirão como referência para auxiliar na identificação dos pontos das variáveis em que serão mensuradas.

Segue na figura 87 a imagem do modelo na posição sentado, com os planos desenhados para referências do assento e do solo.

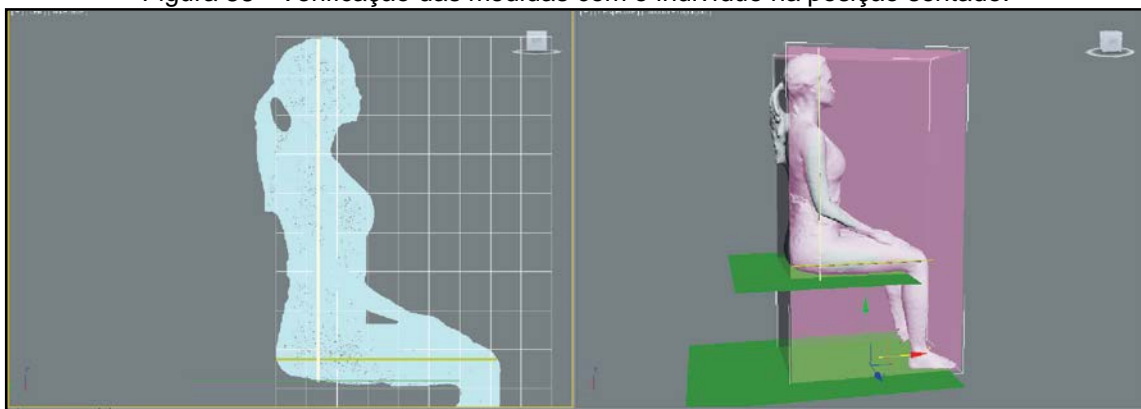
Figura 87 - Planos desenhados para simular o solo e o assento.



Fonte: autora.

As medidas foram obtidas através do desenho das linhas, conforme segue ilustrado na figura 88.

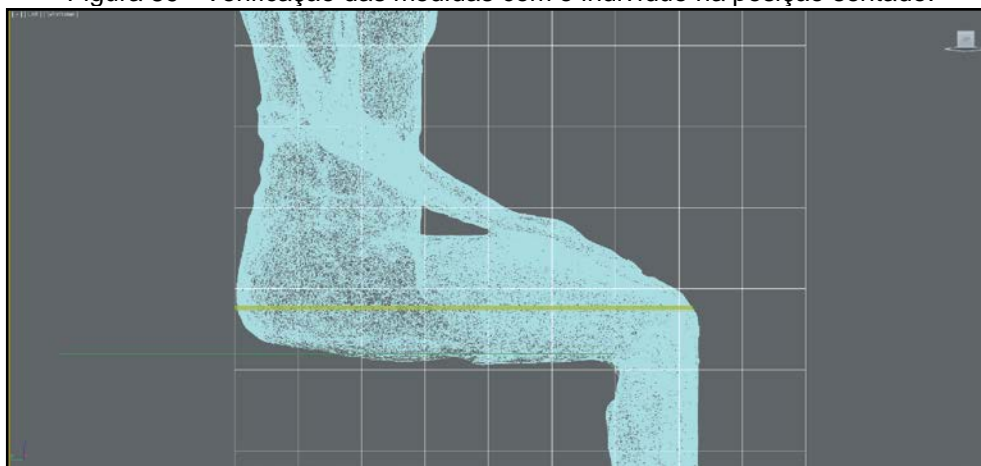
Figura 88 - Verificação das medidas com o indivíduo na posição sentado.



Fonte: autora.

A figura 89 apresenta a medida da variável nádega Joelho referente à numeração 2,9.

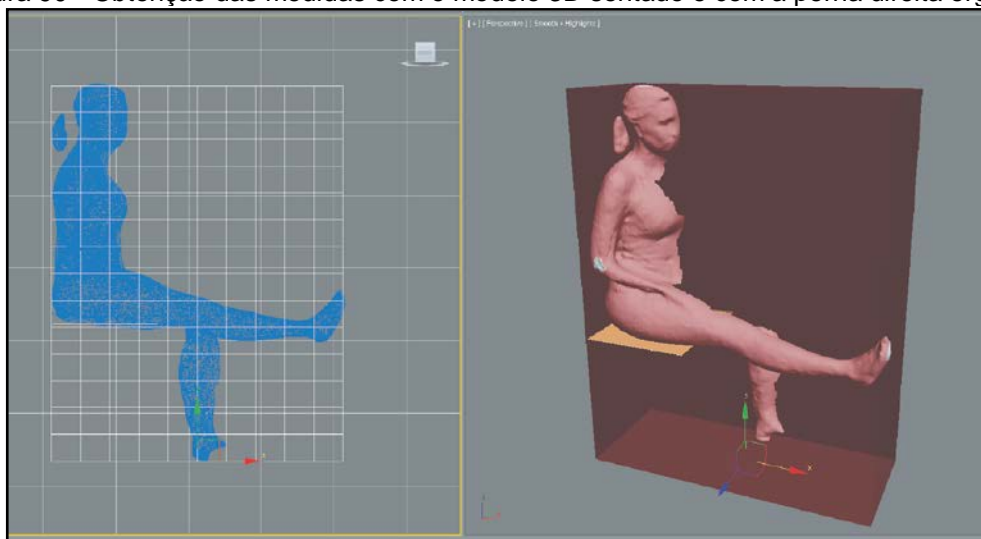
Figura 89 - Verificação das medidas com o indivíduo na posição sentado.



Fonte: autora.

Para a obtenção das medidas das variáveis com o indivíduo sentado com a perna erguida, foi realizada uma nova digitalização. Foram necessários 10 scans para obtenção do modelo, não sendo necessário completar 360° para a digitalização. A duração da digitalização foi de 40 segundos. O processo de obtenção da medida da variável segue ilustrado na figura 90.

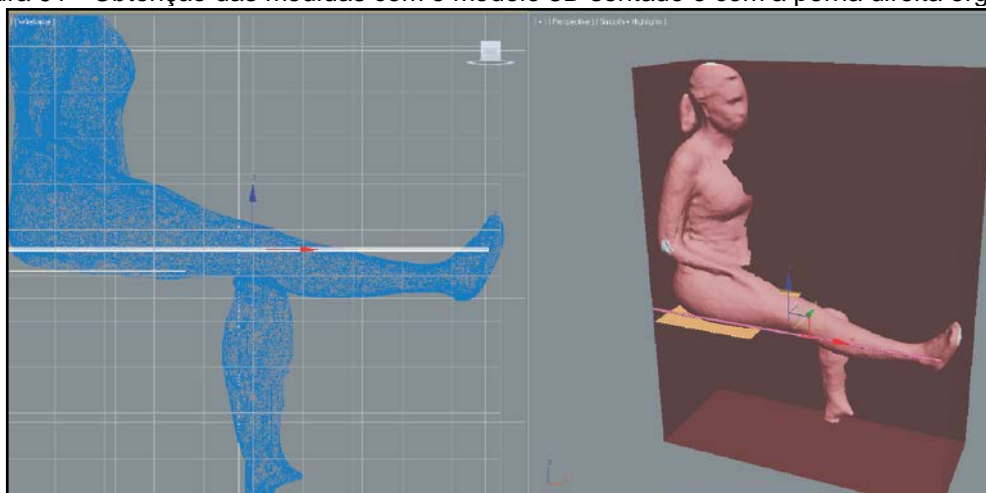
Figura 90 - Obtenção das medidas com o modelo 3D sentado e com a perna direita erguida.



Fonte: autora.

O modelo tridimensional foi alinhado nos eixos x, y e z e, após a criação do *Box*, foi desenhada uma linha como referência conforme segue ilustrado na figura 91.

Figura 91 - Obtenção das medidas com o modelo 3D sentado e com a perna direita erguida.

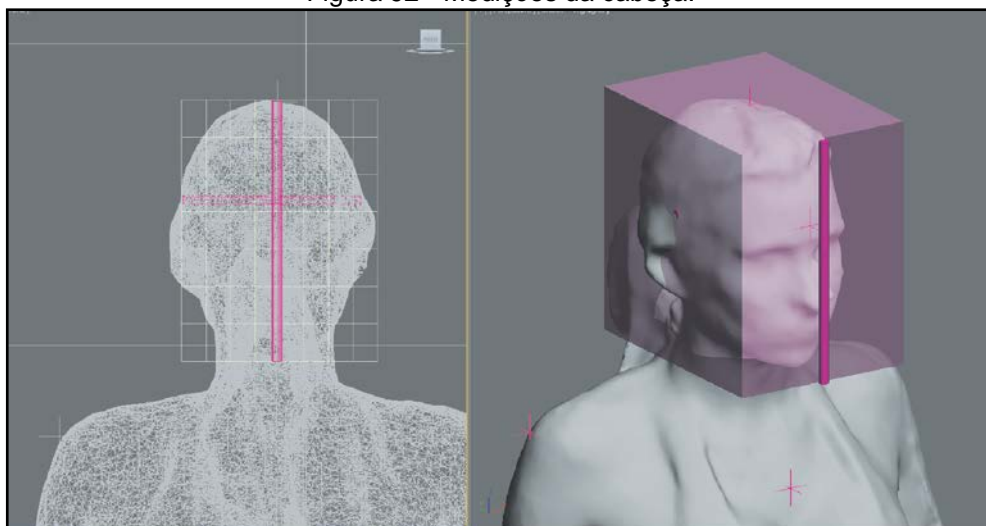


Fonte: autora.

4.4.1.3 Medições da cabeça

Para as medições das variáveis da cabeça, o modelo foi alinhado nos eixos x, y e z e, após a criação do *Box*, foram sendo desenhadas as linhas de referência para medição através da ferramenta '*line*', conforme segue demonstrado na figura 92.

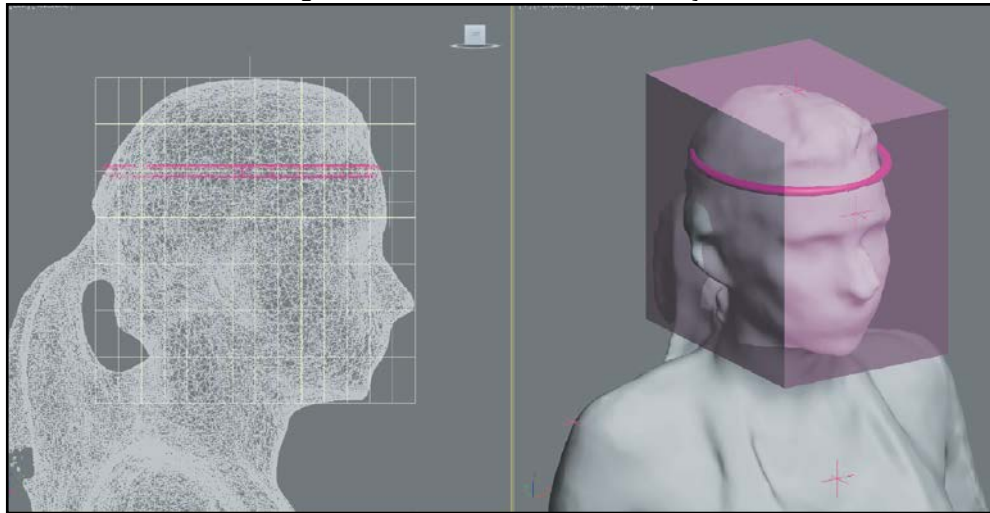
Figura 92 - Medições da cabeça.



Fonte: autora.

Para a medida da circunferência da cabeça, referente à numeração 3,5, foram colocados pontos sobre a malha tridimensional, fazendo um contorno na cabeça e, assim, os pontos foram interligados pela ferramenta '*line*'. A imagem que representa a medição da variável 3,5 segue na figura 93.

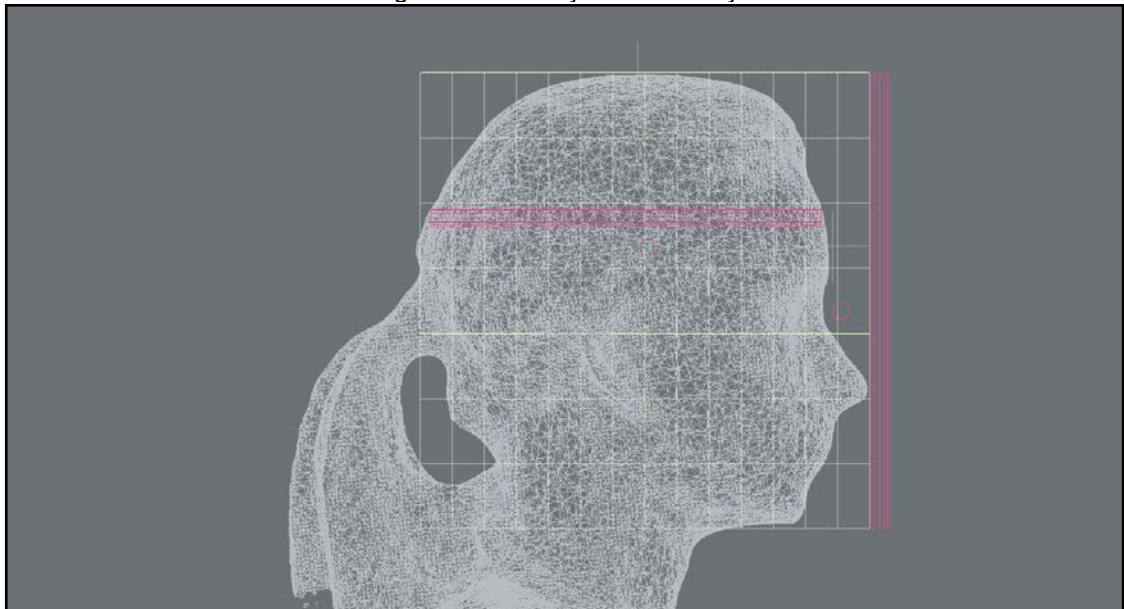
Figura 93 - Circunferência da cabeça.



Fonte: autora.

A figura 94, portanto, apresenta as medições referentes ao comprimento vertical da cabeça (3,1) e à largura da cabeça de perfil (3,3).

Figura 94 - Medições da cabeça.



Fonte: autora.

4.4.1.4 Medições da mão direita

Para a obtenção das medidas da mão direita, o modelo 3D foi alinhado nos eixos x, y e z, e, após a criação do *Box*, foram sendo desenhadas as linhas de referência para a medição. A figura 95 representa o processo de obtenção das medidas com a mão aberta e os dedos unidos.

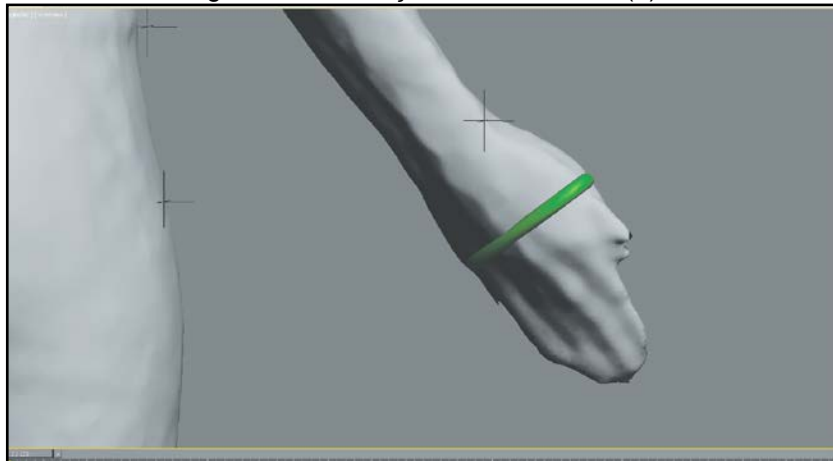
Figura 95 - Medidas da mão.



Fonte: autora.

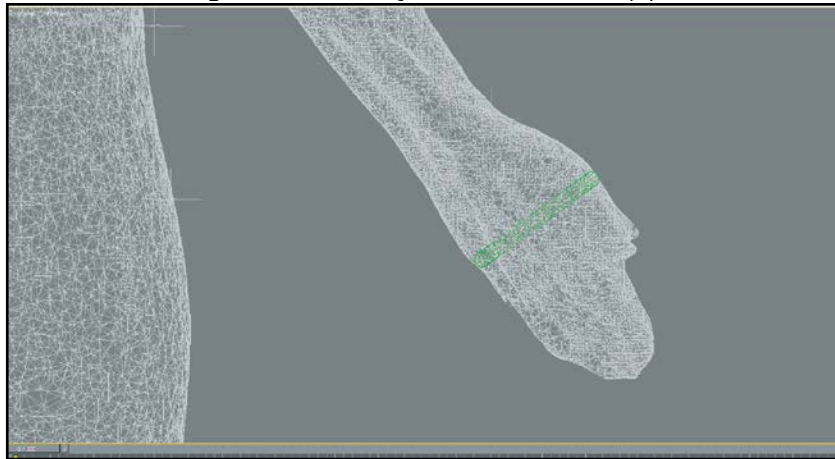
A medida da circunferência da palma (4,5) e da circunferência do punho (4,6) foram obtidas através da ferramenta 'line' sobre os pontos demarcados na malha tridimensional. O processo de obtenção da medida da circunferência do punho segue ilustrado na figura 96 e na figura 97.

Figura 96 - Obtenção da variável 4,5 (a).



Fonte: autora.

Figura 97 - Obtenção da variável 4,5 (b).

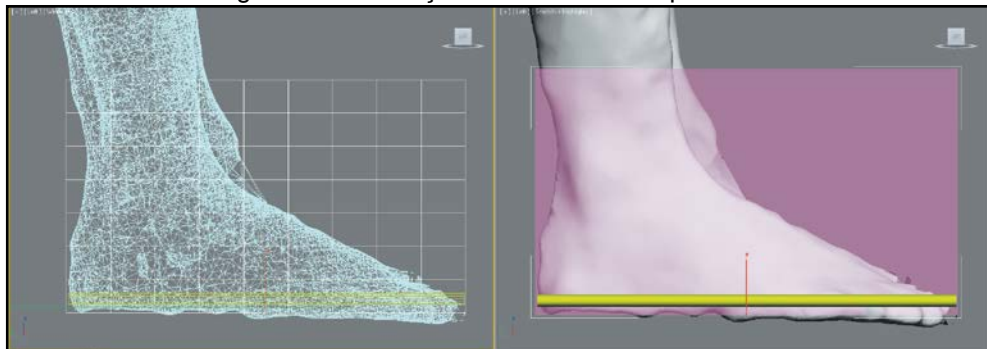


Fonte: autora.

4.4.1.5 Medições do pé direito

Para obtenção das medidas do pé direito foi desenhado um *Box* sobre o pé e, assim, as linhas de referência para a medição. A figura 98 apresenta o processo de obtenção das medidas do pé direito.

Figura 98 - Obtenção das medidas do pé direito.



Fonte: autora.

Portanto, após o levantamento das medidas antropométricas pelo método proposto, os resultados serão comparados aos do procedimento de coleta de dados antropométricos pelo método manual, descritos e detalhados no capítulo 5 da presente pesquisa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo deste capítulo é apresentar os resultados e discussão da presente pesquisa. Entre os resultados estão: a apresentação do método desenvolvido, as comparações entre os resultados obtidos pelo método direto e o método proposto na presente pesquisa bem como a avaliação dos respectivos métodos.

Além disso, são apresentadas as análises e discussão sobre o método para levantamento dos parâmetros antropométricos no processo de Design.

5.1 MÉTODOS PARA LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS UTILIZANDO DIGITALIZADOR 3D DE BAIXO CUSTO

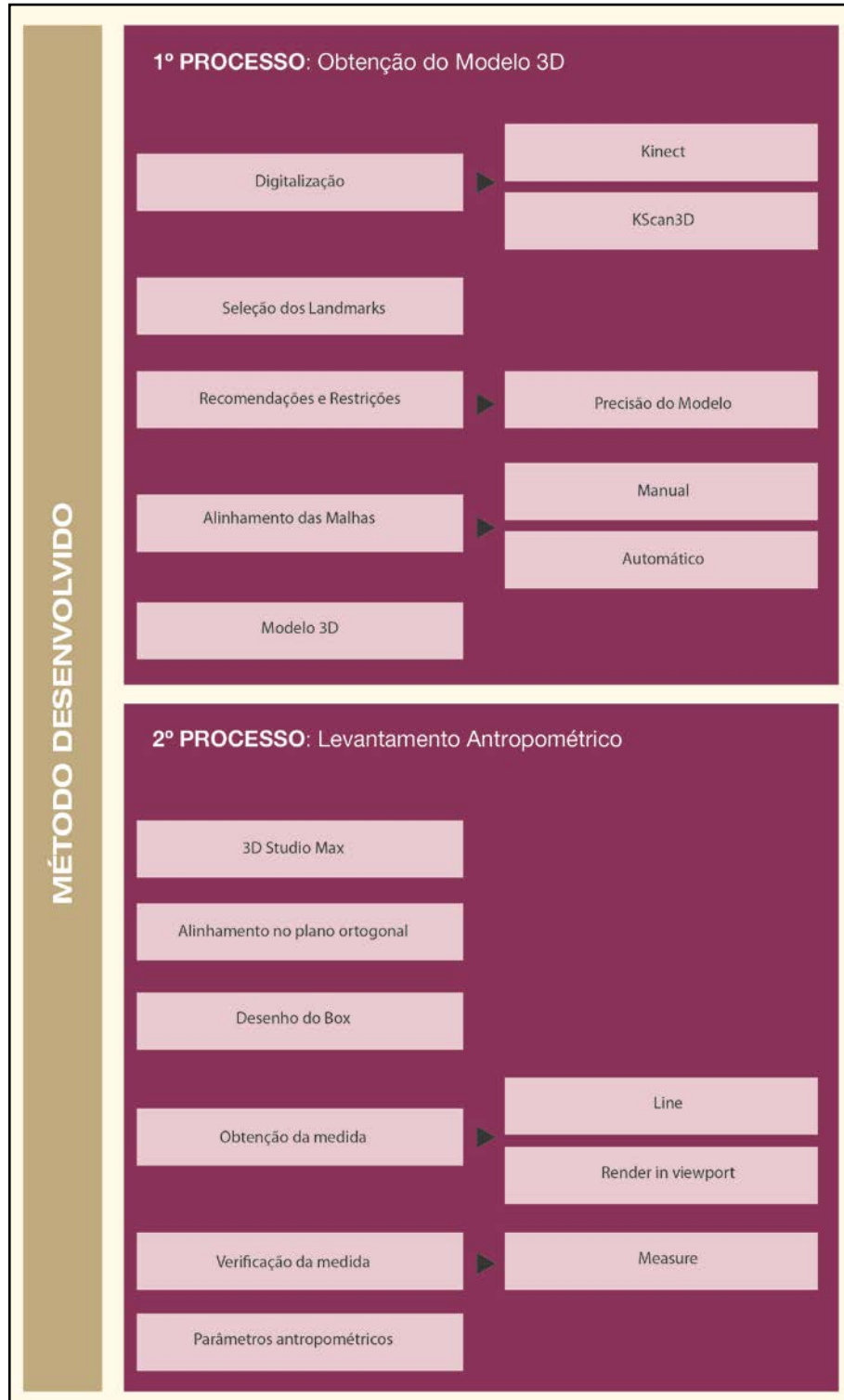
Este item descreve o método que foi desenvolvido da presente pesquisa para a obtenção de parâmetros antropométricos utilizando um sistema de baixo custo. A descrição do processo de levantamento antropométrico encontra-se nos itens 4.3 e 4.4 da presente pesquisa. O método desenvolvido foi dividido em dois procedimentos: a obtenção do modelo tridimensional e o levantamento dos parâmetros antropométricos a partir do modelo 3D gerado.

O primeiro procedimento tem como objetivo obter o modelo tridimensional do indivíduo. Assim, o processo foi iniciado a partir da digitalização do indivíduo através do *Microsoft Kinect*. Para tanto, foram descritas algumas recomendações e restrições, que foram identificadas no decorrer do processo de digitalização, fundamentais para uma melhor definição do modelo 3D. Esta definição irá repercutir diretamente na compatibilidade das medidas levantadas posteriormente. As recomendações e restrições estão relacionadas à iluminação do ambiente, ao tamanho e a forma da parte do corpo digitalizada. Ainda, a distância do *Microsoft Kinect* ao indivíduo a ser digitalizado, a vestimenta mais adequada para uma melhor captura da imagem e o quanto o movimento do indivíduo pode influenciar na qualidade da malha tridimensional.

A partir das recomendações e das restrições resultantes das análises foi realizado o processo de digitalização 3D e, conseqüentemente, a obtenção das malhas tridimensionais. Através destas malhas, utilizando o *software* Kscan3D, iniciou-se o processo de alinhamento e agrupamento das malhas. Após o agrupamento das malhas tridimensionais, o modelo foi finalizado e exportado em formato (obj) para o *software* de modelagem Autodesk 3D Studio Max. A partir desta etapa, foi iniciado o segundo processo do método. Este processo tem como objetivo

realizar o levantamento antropométrico a partir do modelo 3D gerado. Assim, foi necessário realizar o alinhamento do modelo 3D aos eixos x, y e z. A partir do alinhamento, foi criado um *Box*. Assim, foi iniciado o processo de construção de linhas de referência para a obtenção das medidas antropométricas. O método desenvolvido na presente pesquisa segue representado no quadro 4.

Quadro 4: Método para levantamento de parâmetros antropométrico utilizando um digitalizador de baixo custo.



Fonte: autora.

Para as medidas de circunferência foram demarcados pontos sobre a malha tridimensional e, assim, os pontos foram interligados. Para auxiliar no reconhecimento dos pontos anatômicos foram demarcados os pontos no modelo tridimensional, conforme é apresentado na figura 99.

Figura 99 - Pontos anatômicos no modelo 3D.



Fonte: autora.

Vale ressaltar, que o método foi desenvolvido utilizando um sistema de baixo custo. Tanto os equipamentos que foram utilizados como o *Microsoft Kinect* e os softwares *Kscan3D* e *Autodesk 3D Studio Max* quanto à estrutura para a digitalização do indivíduo.

5.2 COMPARAÇÃO DAS MEDIDAS OBTIDAS PELO MÉTODO DIRETO E O MÉTODO PROPOSTO

Este item tem por objetivo apresentar uma tabela com os dados obtidos pelo método direto e pelo método proposto na presente pesquisa.

Tabela 02: Tabela contendo os resultados das medidas obtidas pelos métodos diretos e indiretos (resultados em centímetros).

VARIÁVEIS	MÉTODO DIRETO	MÉTODO INDIRETO
1.1 ESTATURA, CORPO ERETO	159,00	159,00
1.2 ALTURA DOS OLHOS, EM PÉ, ERETO	149,50	150,00
1.3 ALTURA DOS OMBROS, EM PÉ, ERETO	133,50	134,40
1.4 ALTURA DO COTOVELO, EM PÉ, ERETO	99,00	99,80
1.5 ALTURA DO CENTRO DA MÃO, BRAÇO PENDIDO, EM PÉ	74,00	75,50
1.6 ALTURA DO CENTRO DA MÃO, BRAÇO ERGUIDO, EM PÉ	190,00	190,70
1.7 COMPRIMENTO DO BRAÇO, NA HORIZONTAL, ATÉ O CENTRO DA MÃO	65,00	66,70
1.8 PROFUNDIDADE DO CORPO, NA ALTURA DO TÓRAX	15,70	16,80
1.9 LARGURA DOS OMBROS, EM PÉ	34,80	35,00
1.10 LARGURA DOS QUADRIS, EM PÉ	26,80	27,00
2. CORPO SENTADO		
2.1 ALTURA DA CABEÇA, A PARTIR DO ASSENTO, CORPO ERETO	85,50	86,80
2.2 ALTURA DOS OLHOS, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	74,50	75,50
2.3 ALTURA DOS OMBROS, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	57,10	57,04
2.4 ALTURA DOS COTOVELO, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	24,30	24,60
2.5 ALTURA DO JOELHO SENTADO	44,20	44,50
2.6 ALTURA POPLÍTEA (PARTE INFERIOR DA COXA)	41,30	41,80
2.7 COMPRIMENTO DO ANTEBRAÇO, NA HORIZONTAL ATÉ O CENTRO DA MÃO	29,00	28,20
2.8 COMPRIMENTO NÁDEGA-POPLÍTEA	46,50	45,90
2.9 COMPRIMENTO NÁDEGA-JOELHO	55,80	54,90
2.10 COMPRIMENTO NÁDEGA-PÉ, PERNA ESTIRADA NA HORIZONTAL	97,50	97,00
2.11 ALTURA DA PARTE SUPERIOR DAS COXAS	15,40	15,00
2.12 LARGURA ENTRE COTOVELOS	35,40	35,00
2.13 LARGURA DOS QUADRIS, SENTADO	25,00	25,00
3. CABEÇA		
3.1 COMPRIMENTO VERTICAL DA CABEÇA	18,80	18,80
3.2 LARGURA DA CABEÇA, DE FRENTE	13,70	13,90
3.3 LARGURA DA CABEÇA, DE PERFIL	18,40	18,40
3.4 DISTÂNCIA ENTRE OS OLHOS	3,00	3,30
3.5 CIRCUNFERÊNCIA DA CABEÇA	52,00	52,60
4. MÃOS		
4.1 COMPRIMENTO DA MÃO	16,90	17,00
4.2 LARGURA DA MÃO	9,00	9,30
4.3 COMPRIMENTO DA PALMA DA MÃO	8,60	9,20
4.4 LARGURA DA PALMA DA MÃO	7,70	7,90
4.5 CIRCUNFERÊNCIA DA PALMA	20,50	21,00
4.6 CIRCUNFERÊNCIA DO PUNHO	4,50	4,90
5. PÉS		
5.1 COMPRIMENTO DO PÉ	22,60	22,70
5.2 LARGURA DO PÉ	9,10	9,30
5.3 LARGURA DO CALCANHAR	4,10	-

Fonte: autora.

Os dados obtidos pelo método direto e método proposto na presente pesquisa, são comparados e avaliados no item 5.2.1.

5.2.1 Diferença entre as variáveis mensuradas através do método direto e do método desenvolvido na presente pesquisa

O objetivo deste item é ilustrar a diferença entre os resultados das medidas mensuradas pelos diferentes métodos e a avaliação sobre estes resultados obtidos.

Tabela 03: Tabela contendo os resultados das medidas obtidas pelos métodos diretos e indiretos

1. CORPO EM PÉ	cm	%
1.1 ESTATURA, CORPO ERETO	0,00	100,0
1.2 ALTURA DOS OLHOS, EM PÉ, ERETO	0,50	99,67
1.3 ALTURA DOS OMBROS, EM PÉ, ERETO	0,90	99,33
1.4 ALTURA DO COTOVELO, EM PÉ, ERETO	0,80	99,02
1.5 ALTURA DO CENTRO DA MÃO, BRAÇO PENDIDO, EM PÉ	1,50	97,98
1.6 ALTURA DO CENTRO DA MÃO, BRAÇO ERGUIDO, EM PÉ	0,80	99,64
1.7 COMPRIMENTO DO BRAÇO, NA HORIZONTAL, ATÉ O CENTRO DA MÃO	1,20	97,39
1.8 PROFUNDIDADE DO CORPO, NA ALTURA DO TÓRAX	1,10	93,00
1.9 LARGURA DOS OMBROS, EM PÉ	0,20	99,43
1.10 LARGURA DOS QUADRIS, EM PÉ	0,20	99,26
2. CORPO SENTADO		
2.1 ALTURA DA CABEÇA, A PARTIR DO ASSENTO, CORPO ERETO	1,30	98,48
2.2 ALTURA DOS OLHOS, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	1,00	98,66
2.3 ALTURA DOS OMBROS, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	0,30	99,01
2.4 ALTURA DOS COTOVELO, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	0,30	98,77
2.5 ALTURA DO JOELHO SENTADO	0,30	99,33
2.6 ALTURA POPLÍTEA (PARTE INFERIOR DA COXA)	0,60	98,79
2.7 COMPRIMENTO DO ANTEBRAÇO, NA HORIZONTAL ATÉ O CENTRO DA MÃO	0,90	97,25
2.8 COMPRIMENTO NÁDEGA-POPLÍTEA	0,50	98,71
2.9 COMPRIMENTO NÁDEGA-JOELHO	0,40	98,39
2.10 COMPRIMENTO NÁDEGA-PÉ, PERNA ESTIRADA NA HORIZONTAL	0,40	99,49
2.11 ALTURA DA PARTE SUPERIOR DAS COXAS	0,00	97,41
2.12 LARGURA ENTRE COTOVELOS	0,60	98,88
2.13 LARGURA DOS QUADRIS, SENTADO	0,00	100,0
3. CABEÇA		
3.1 COMPRIMENTO VERTICAL DA CABEÇA	0,00	100,0
3.2 LARGURA DA CABEÇA, DE FRENTE	1,20	98,55
3.3 LARGURA DA CABEÇA, DE PERFIL	0,00	100,0
3.4 DISTÂNCIA ENTRE OS OLHOS	0,30	90,00
3.5 CIRCUNFERÊNCIA DA CABEÇA	1,00	98,85
4. MÃOS		
4.1 COMPRIMENTO DA MÃO	0,70	99,41
4.2 LARGURA DA MÃO	0,70	96,67
4.3 COMPRIMENTO DA PALMA DA MÃO	0,60	93,03
4.4 LARGURA DA PALMA DA MÃO	0,20	97,41
4.5 CIRCUNFERÊNCIA DA PALMA	0,50	97,57
4.6 CIRCUNFERÊNCIA DO PUNHO	0,40	91,12
5. PÉS		
5.1 COMPRIMENTO DO PÉ	0,10	99,56
5.2 LARGURA DO PÉ	0,20	97,81
5.3 LARGURA DO CALCANHAR	-	-

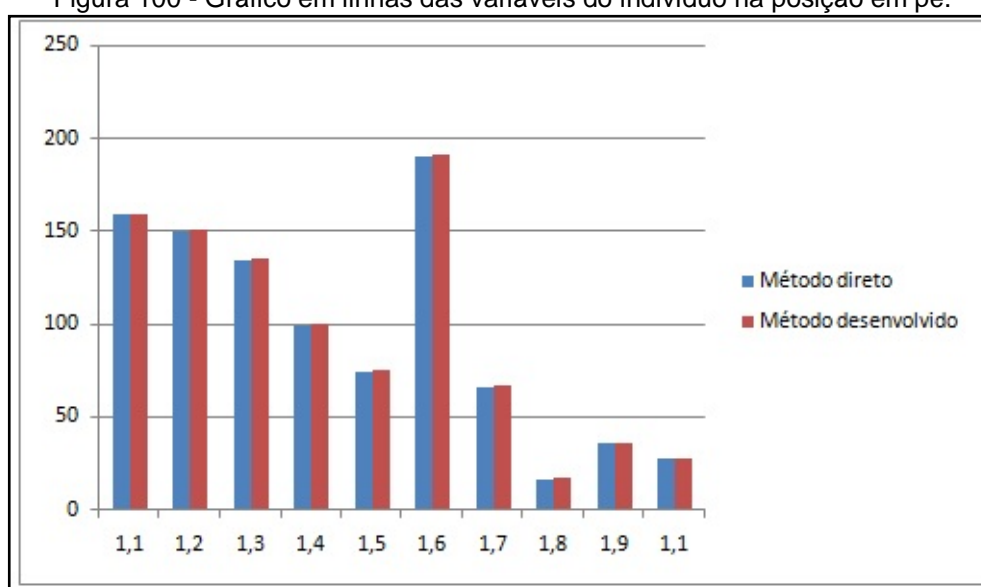
Fonte: autora.

A avaliação discorre sobre as variáveis que foram mensuradas e a compatibilidade das medidas. A tabela 03 apresenta a diferença da medida em centímetros e a compatibilidade em porcentagem.

Os resultados das medidas obtidas pelo método direto e o método proposto na presente pesquisa foram considerados semelhantes. A variável de maior discordância em valores foi a medida da distância entre os olhos com 10% ou 0,30 cm de diferença e as variáveis com menor discordância foram a estatura com o corpo ereto, a largura dos quadris na posição sentado, o comprimento vertical da cabeça e a largura da cabeça, de perfil com 100% de compatibilidade nos valores obtidos. A média dos valores, portanto, ficou em 98,49% de compatibilidade para as variáveis com a posição em pé, 98,71% de compatibilidade para as variáveis da posição sentado, 97,48% nas variáveis da cabeça, 96,46% nas variáveis na mão e 98,69% nas variáveis do pé. Portanto, a compatibilidade entre os valores obtidos pelo método direto e método indireto foi de 97,96%.

Para visualizar a compatibilidade entre as medidas obtidas pelo método direto e pelo método proposto, os resultados seguem ilustrados na configuração de gráfico em barras. No gráfico, o método proposto é apresentado pela barra na cor vermelha e o método direto na barra de cor azul. As variáveis mensuradas seguem no eixo horizontal e os valores obtidos em centímetros no eixo vertical, conforme ilustrado na figura 100. A compatibilidade entre as medidas das variáveis do indivíduo na posição em pé é de 98,49%.

Figura 100 - Gráfico em barras das variáveis do indivíduo na posição em pé.

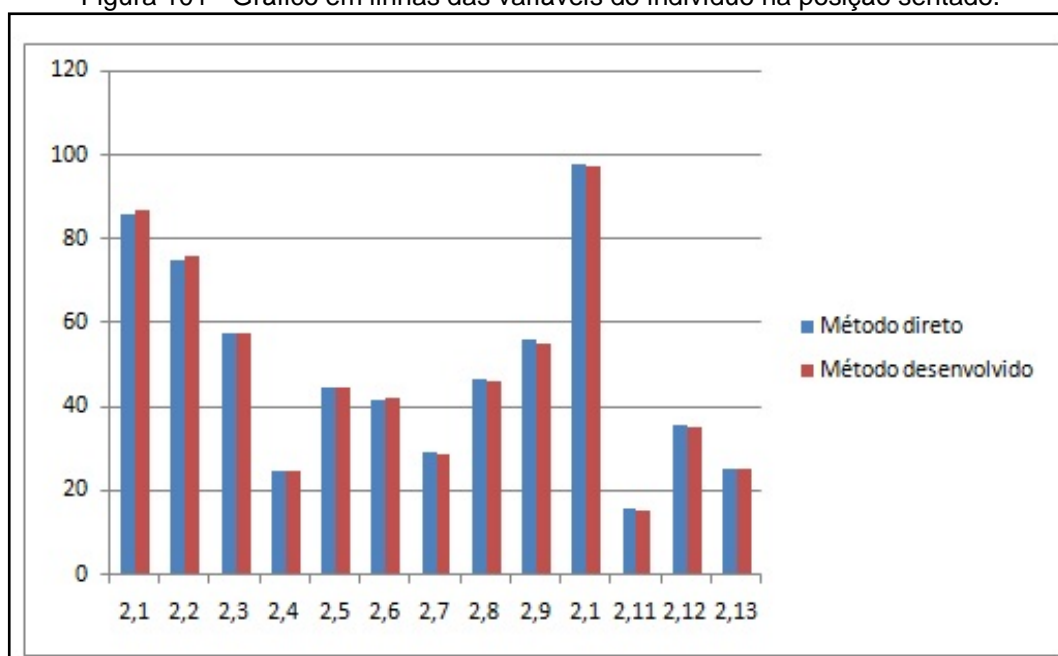


Fonte: autora.

Nota-se 100% de compatibilidade na variável 1,1 em que representa a medida da estatura com o corpo em pé e ereto. Por outro lado, a medida com maior diferença de valor entre as variáveis mensuradas com o indivíduo na posição em pé foi a variável correspondente ao número 1,8, representando a medida da profundidade do corpo, na altura do tórax, com 93% de compatibilidade.

No gráfico da figura 101 é apresentado os resultados das variáveis mensuradas com o indivíduo na posição.

Figura 101 - Gráfico em linhas das variáveis do indivíduo na posição sentado.

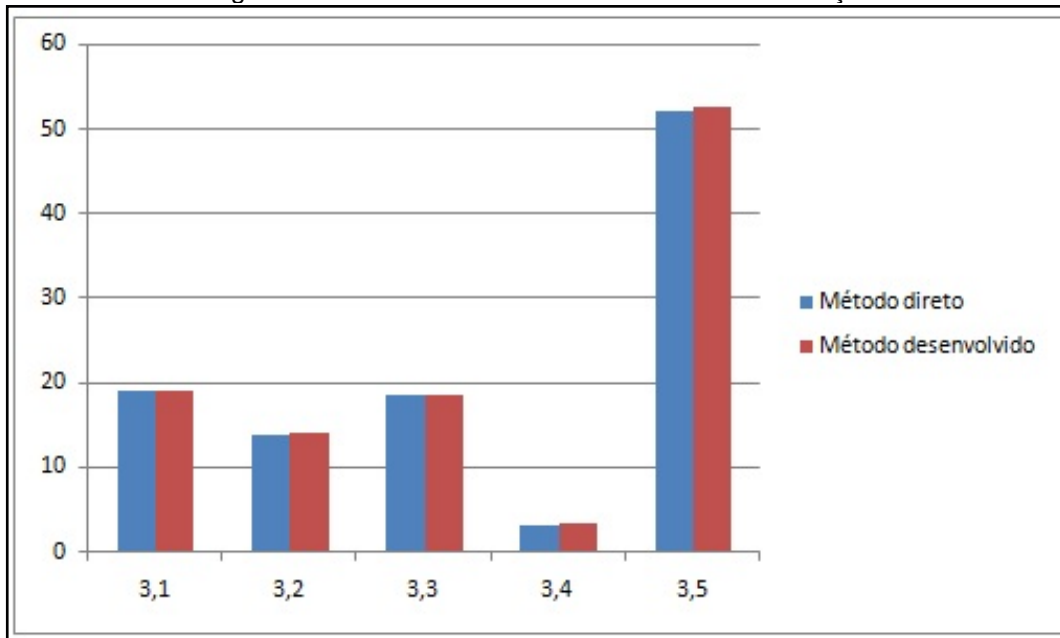


Fonte: autora.

As variáveis relacionadas á posição do indivíduo sentado obtiveram 98,71% de compatibilidade. Nota-se, através do gráfico, a medida da largura dos quadris correspondente à variável 2,13 apresentando 100% de compatibilidade. E a variável que apresentou maior diferença de compatibilidade, com 97,25%, foi a medida do comprimento do antebraço, na horizontal, até o centro da mão, representado pelo número 2,7.

A figura 102 apresenta o gráfico com os resultados obtidos das variáveis da cabeça.

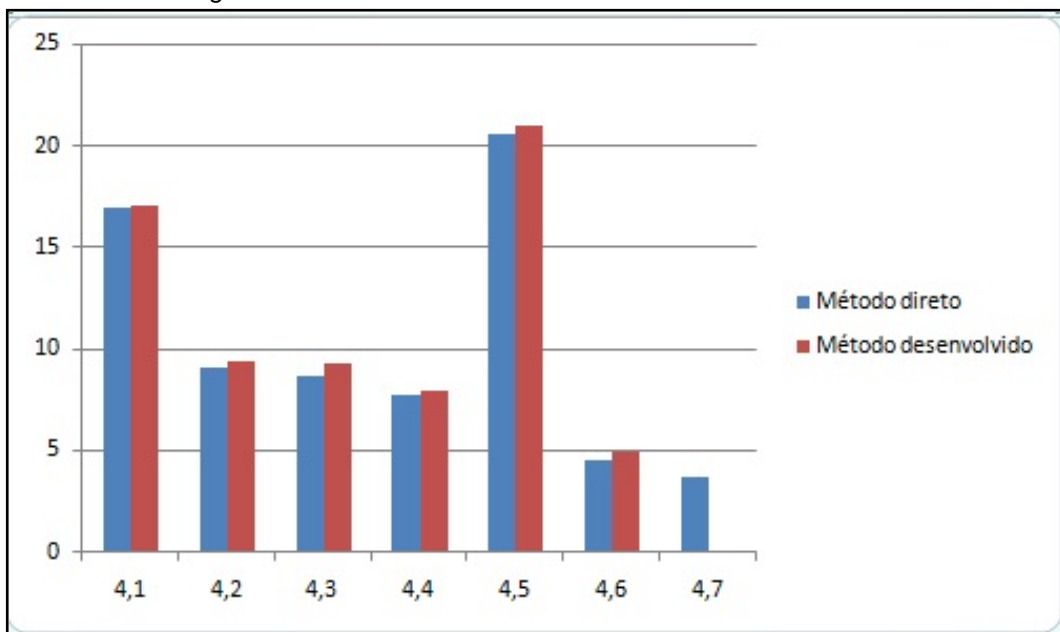
Figura 102 - Gráfico em linhas das variáveis da cabeça.



Fonte: autora.

Através do gráfico das figuras 102, nota-se a compatibilidade em 100% nas medidas do comprimento vertical da cabeça, correspondente à variável 3,1 e da medida da largura da cabeça, de perfil, correspondente à variável 3,3. A medida em que obteve maior diferença nos valores, foi a variável da distância entre os olhos, correspondente à medida 3,4, com 90% de compatibilidade. A figura 103 apresenta os resultados obtidos das variáveis da mão direita.

Figura 103- Gráfico em barras das variáveis da mão direita.

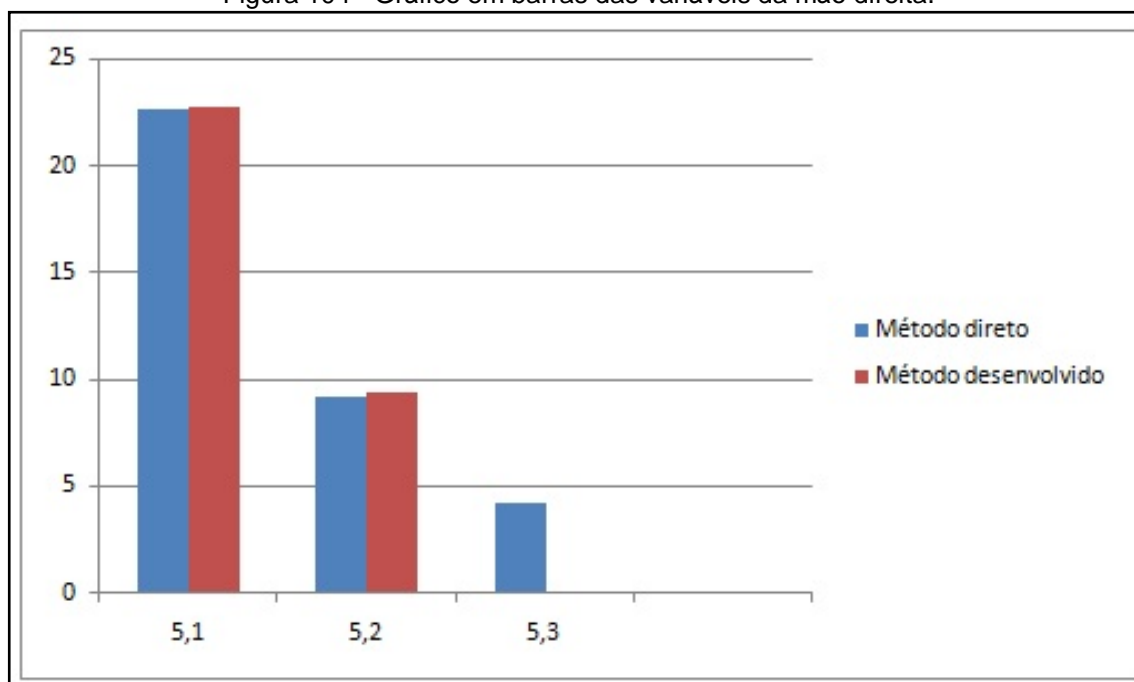


Fonte: autora.

Nota-se, a diferença dos resultados obtidos na medida do comprimento da palma da mão representado pela variável 4,3, com 93,03% de compatibilidade, e na medida da circunferência do punho, representado pela variável 4,6 com 91,12% de compatibilidade. A média de compatibilidade entre o método direto e o método proposto na presente pesquisa foi de 96,46%.

Os resultados das variáveis do pé direito seguem apresentados na figura 104 através do gráfico em barras. As medidas do pé obtiveram 98,69% de compatibilidade entre as variáveis do comprimento do pé e da largura do pé, correspondentes à numeração 5,1 e 5,2. Não foi possível obter a medida da largura do calcanhar representado pela variável 5,3 por causa da baixa definição da malha tridimensional em formas pequenas, como a largura do calcanhar.

Figura 104 - Gráfico em barras das variáveis da mão direita.



Fonte: autora.

Os resultados relacionados ao tempo total em que foi exigido do indivíduo durante o processo de medição pelo método direto e pelo processo de digitalização 3D foram elaborados no Quadro 05. Também, a comparação entre o número de instrumentos de medição necessários para a obtenção das medidas antropométricas em cada método respectivamente.

Quadro 05: comparação entre o método direto e o método desenvolvido na pesquisa.

	MÉTODO DIRETO	MÉTODO DESENVOLVIDO NA PRESENTE PESQUISA
Nº de instrumentos exigidos para a coleta de dados	5 instrumentos (Antropômetro, segmômetro, fita métrica, estadiômetro e um paquímetro)	2 instrumentos (O dispositivo kinect e um computador contendo os softwares Kscan 3D e Studio 3D Max)
Tempo total em que é exigido do indivíduo para a coleta dos dados	1 hora e 12 minutos	3 minutos e 28 segundos

Fonte: autora.

O tempo total exigido do indivíduo pelo método desenvolvido está relacionado ao número de modelos tridimensionais necessários para obtenção das 37 variáveis. Foram gerados no total 4 modelos 3D, dentre eles: na posição em pé, na posição em pé com o braço erguido, na posição sentado e na posição sentado com a perna estendida.

O processo de digitalização com o indivíduo na posição em pé totalizou 2 minutos e 8 segundos, com o indivíduo na posição em pé e com o braço direito erguido, totalizou 16 segundos, com o indivíduo na posição sentado, totalizou 32 segundos e com o indivíduo na posição sentado e com a perna estendida, 40 segundos.

Portanto, o método proposto obteve uma duração total de 3 minutos e 28 segundos, muito inferior ao tempo necessário pelo método direto, que foi de 1 hora e 12 minutos. O capítulo 5.3 apresenta o método proposto na presente pesquisa inserido no processo de Design.

5.3 DIRETRIZES PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO DESENVOLVIDO NO PROCESSO DE DESIGN

Este item tem por principal objetivo analisar o método desenvolvido no processo de Design. A partir desta análise, com base na fundamentação teórica e nos processos de levantamento antropométrico desenvolvidos na presente pesquisa, foram organizadas diretrizes que irão auxiliar no levantamento de medidas antropométricas para o desenvolvimento de projetos de produtos mais adequados às características físicas do usuário.

As diretrizes devem ser consideradas, principalmente, no desenvolvimento de projeto de produtos personalizados. Nas etapas de desenvolvimento de projeto de produto, conforme Back *et al.* (2008, p.05), a sequência das fases do processo de

desenvolvimento de produto podem ser divididas em: planejamento do projeto, projeto informacional e projeto conceitual.

Segundo o mesmo autor é na fase de projeto informacional que são determinados os fatores de influência no projeto: as necessidades dos usuários, os requisitos dos usuários, requisitos de projeto e as especificações do projeto. Nesta fase, são aplicados os dados antropométricos para o desenvolvimento do produto. Conforme a revisão de literatura, o processo de Design mais apropriado para produtos personalizados é o processo proposto por Hersh (2010).

Este processo, fundamentado nos princípios do Design Centrado no Usuário, aplica os dados antropométricos obtidos em todas as etapas de projeto. Portanto, as diretrizes foram elaboradas, a partir do modelo de Hersh (2010), que inicia-se na etapa do processo de Design (planejamento do produto a ser desenvolvido) e finalizando-se na avaliação do protótipo pelo usuário.

A partir desta avaliação, são determinados os ajustes necessários para a finalização do produto. Assim, a **primeira diretriz** diz respeito à aplicação de quais dados antropométricos serão necessários, irá depender de qual produto será desenvolvido, para quem será desenvolvido (público-alvo) e qual será a função do produto.

A **segunda diretriz** a ser considerada é a definição do produto. Determinar o produto em personalizado ou para uma gama de usuários. O produto personalizado requer um processo de medição no usuário final do produto e, esse processo, deverá seguir algumas instruções para auxiliar na coleta dos dados antropométricos. Antes de iniciar o processo de digitalização do indivíduo é necessário seguir uma metodologia que permita saber como o processo será planejado e executado e quais serão as variáveis medidas.

A **terceira diretriz** está relacionada com o levantamento dos dados antropométricos, em que compreende as etapas de definição de objetivos, definição das variáveis a serem medidas, do detalhamento ou precisão com que estas medidas devem ser realizadas, a escolha do método, seleção de amostra e as análises estatísticas, que orientam o pesquisador em saber “onde” e “para que” está sendo realizado o levantamento antropométrico (IIDA, 2005, p.33-40).

Assim, a partir da definição do usuário final do produto, é determinada a precisão e o nível de detalhamento dos dados antropométricos aplicados no projeto. A partir destas definições, é realizada a seleção das variáveis a serem medidas.

A **quarta diretriz** estabelecida é a seleção dos dados antropométricos em que se encontram baseados no problema específico de cada projeto. Logo, a **quinta diretriz** é a definição do projeto. Projeto com capacidade intrínseca de regulação, com ajustes ou sem ajustes. Para tanto, a gama de regulagens deve ser baseada na antropometria do usuário, na natureza da tarefa e nas limitações físicas ou mecânicas envolvidas (IIDA, p.47, 2005).

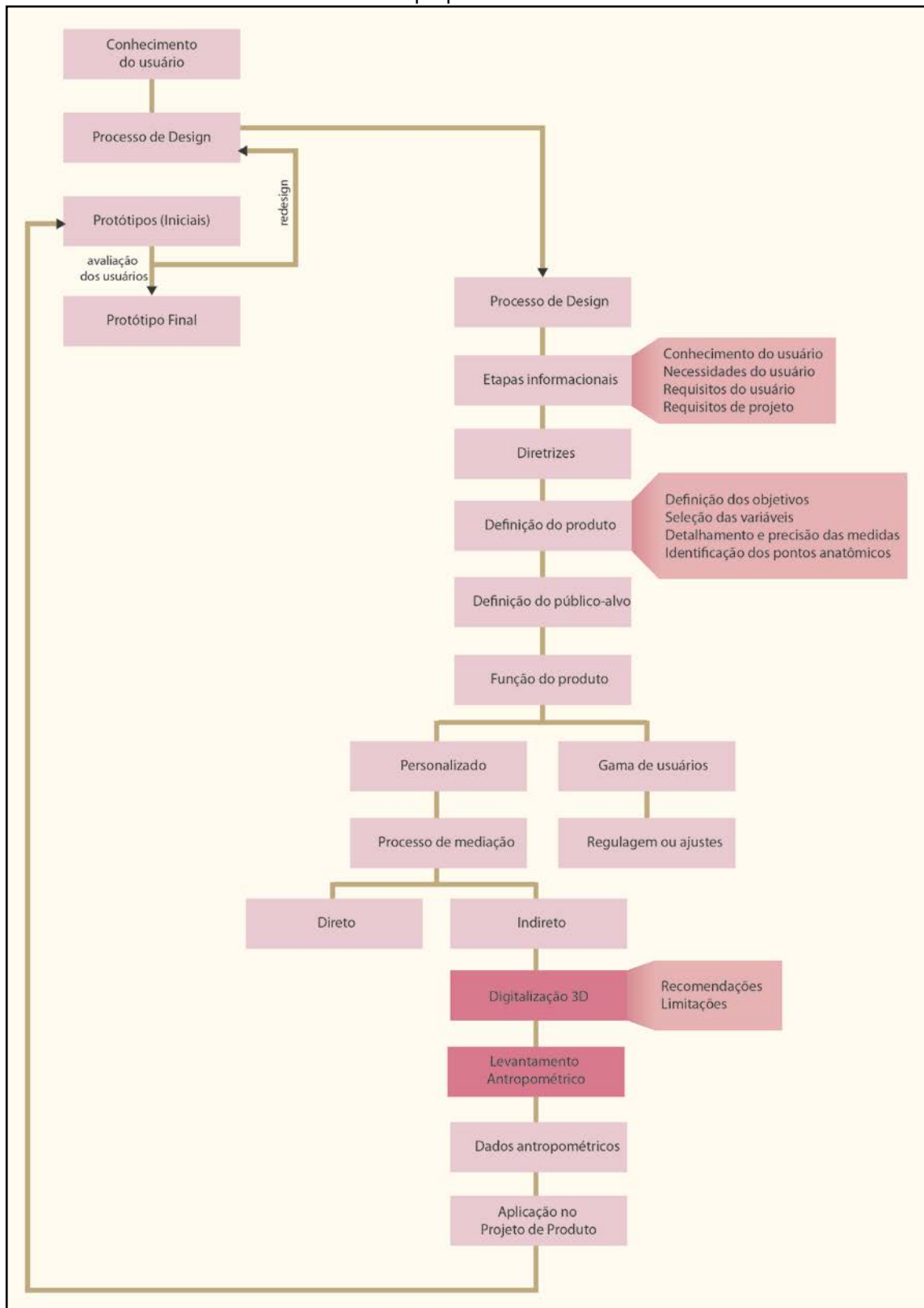
A **sexta diretriz** diz respeito ao conhecimento dos pontos anatômicos a serem mensurados, isso envolve o conhecimento da anatomia básica e a tridimensionalidade do corpo humano. Logo, é necessário definir quais as medidas (variáveis) que serão obtidas.

A **sétima diretriz** orienta a localização, direção e a postura em que cada medição deve ser realizada. A localização indica o ponto do corpo a partir de outro ponto de referência, a direção indica se o comprimento é medido no plano horizontal ou vertical e a postura indica a posição do corpo, em pé ou sentado (IIDA, 2005, p.110). Para a maioria das medições, o corpo do sujeito é colocado numa postura reta e ereta, com os segmentos corporais nos ângulos de 180, 0, ou 90 graus em relação aos pontos demarcados. Esta postura é chamada de "posição anatômica" também usada em anatomia.

A **oitava diretriz** são as recomendações e limitações do método na fase de obtenção do modelo tridimensional. Está relacionado ao processo de digitalização do indivíduo. A **nona diretriz** são os processos do método que estão relacionados ao procedimento de aquisição das medidas antropométricas no modelo tridimensional obtido.

A **decima diretriz** é a aplicação dos dados antropométricos obtidos no processo de Design. Assim, nota-se que o processo de design, para produtos personalizados, é um processo cíclico, no qual os dados antropométricos devem estar atrelados ao usuário em todas as fases de projeto. Porém, as diretrizes foram descritas em formato linear obedecendo a uma ordem de instruções a serem seguidas. Na Figura 104 segue um fluxograma da análise do método desenvolvido na presente pesquisa e das diretrizes propostas no processo de Design.

Figura 105 - Fluxograma da análise do método desenvolvido na presente pesquisa e das diretrizes propostas.



Fonte: autora.

As diretrizes foram organizadas e sintetizadas em forma de quadro, conforme o item 5.3.1 da pesquisa.

5.3.1 Quadro-resumo das diretrizes

Foram elaboradas 10 diretrizes para auxiliar no uso do método desenvolvido na presente pesquisa na aplicação em projetos de produto, principalmente em produtos personalizados. As diretrizes seguem organizadas e descritas no Quadro 06.

Quadro 06: Diretrizes para auxiliar no uso do método desenvolvido no processo de Design.

Diretrizes	Descrição
1	Determinação do produto a ser desenvolvido e sua função.
2	Definição do produto em personalizado ou para uma gama de usuários e, assim, do usuário final do produto. - No caso do produto personalizado: digitalização do usuário final do produto - No caso de um projeto para uma gama de usuários: deverá ser efetuada uma seleção do público-alvo (seleção de um número limitado de sujeitos que irão participar da coleta de dados e que reproduzam às características físicas do universo a que representam, ou em caso de utilizar dados de tabelas antropométricas, atenção principalmente para a idade, sexo e etnia).
3	Definição do detalhamento ou da precisão com que as medidas devem ser realizadas.
4	Definição das variáveis a serem medidas no modelo 3D gerado (a seleção dos dados antropométricos baseia-se no problema específico de cada projeto).
5	Observação da regulagem ou ajuste do produto conforme a antropometria (necessário principalmente para o projeto para uma gama de usuários).
6	Conhecimento dos pontos anatômicos no corpo humano, necessário conhecimento da anatomia e da tridimensionalidade do corpo humano.
7	Verificação da postura do usuário a ser medido (se sentado ou em pé e ereto).
8	No processo de digitalização, observar as recomendações e limitações do método na fase de obtenção do modelo tridimensional.
9	Seguir as instruções do método desenvolvido para o processo de aquisição das medidas antropométricas no modelo 3D obtido.
10	Aplicação dos dados antropométricos obtidos no processo de design.

Fonte: autora.

As diretrizes elaboradas devem ser consideradas nas etapas informacionais do desenvolvimento de projeto de produto, conforme as necessidades de personalização do produto a ser desenvolvido.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo tem por principal objetivo apresentar as conclusões desta pesquisa e algumas recomendações para trabalhos futuros. Será apresentado um resumo da pesquisa comentando as considerações finais e os resultados obtidos no decorrer do trabalho, os procedimentos desempenhados para os levantamentos antropométricos e o método proposto na presente pesquisa para o levantamento de parâmetros antropométricos utilizando o Kinect.

6.1 A PESQUISA

O primeiro capítulo da pesquisa introduz o tema que será abordado, descrevendo os problemas gerados pelo aumento do volume de produtos que são projetados e exportados sem levar em consideração à antropometria dos usuários. Foram ressaltadas as diferenças antropométricas das populações nos diferentes países e, até mesmo, dentro de um mesmo país, como o Brasil.

Conseqüentemente, os produtos que são projetados para um Design Universal não conseguem atender essas diferenças das características físicas dos usuários. Ainda, a falta de dados antropométricos em banco de dados e na literatura aumenta significativamente a dificuldade de desenvolver produtos que atendam às características físicas dos usuários.

Portanto, a problematização da pesquisa, aborda assuntos pertinentes ao levantamento antropométrico e a aplicação dos parâmetros obtidos no projeto de produto. Também, questões relacionadas à dificuldade de obtenção de medidas antropométricas em pessoas com deformidades físicas, em que o levantamento antropométrico é realizado através de moldes de gesso.

São abordadas questões referentes ao alto custo para aquisição de sistemas de digitalização tridimensional e a necessidade de especialização para o manuseio do equipamento. Portanto, a importância de desenvolver sistemas e métodos que possam realizar o processo de obtenção de medidas antropométricas sem o contato físico com o indivíduo, com baixo custo, e que seja compatível aos métodos manuais. Estas questões conduziram, portanto, ao desenvolvimento do problema de pesquisa e a hipótese para a provável solução do problema de pesquisa bem como a elaboração dos objetivos da pesquisa.

A fundamentação teórica foi dividida em duas partes. Na primeira parte, foram abordadas questões sobre a importância da antropometria no desenvolvimento de

projetos, principalmente, em produtos personalizados e de TA. Para isso, se fez necessário abordar assuntos como a TA, conceitos e classificações e, assim, entender quais eram as necessidades e requisitos para o desenvolvimento de produtos de TA.

Também, foram analisados alguns processos de Design, com foco no usuário final como uma necessidade fundamental para os desenvolvimentos de projeto de produto personalizados. Dentre essas necessidades fundamentais, está o uso da antropometria, que proporciona uma adequação maior dos produtos ao usuário, conforme as suas características físicas.

Na sequência, foram abordadas questões sobre definições da antropometria e foram ressaltadas as diferenças antropométricas entre etnias, idade, altura, sexo e deficiências físicas. Demonstrando, assim, a dificuldade de projetar produtos universais, visto que as pessoas apresentam significativas diferenças antropométricas.

Ainda, conforme a definição de autores como: Lida (2005); Gontijo *et al.* (2010); Panero e Zelnik (2002); Petroski (1999); Schoenardie *et al.* (2011) e Pequini (2005), citados na presente pesquisa, quanto mais adequado o produto ao usuário, maior sua eficiência, desempenho e conforto. A primeira parte da fundamentação finaliza-se com a análise dos métodos diretos para a obtenção de medidas antropométricas. Na segunda parte da fundamentação teórica, foram abordadas questões pertinentes às digitalizações tridimensionais do corpo humano e os levantamentos antropométricos a partir dos processos de obtenção dos modelos tridimensionais.

Foram analisados, portanto, os principais métodos para obtenção de medidas antropométricas pelos diferentes sistemas indiretos, o estudo do conhecimento da anatomia básica do corpo humano e da localização dos pontos anatômicos, fundamentais para a identificação dos locais corretos do corpo humano em que serão mensurados. Foi realizado um levantamento do estado da arte no âmbito das digitalizações 3D para levantamentos antropométricos e, assim, uma compilação das principais pesquisas publicadas na área. Para desenvolver os objetivos da presente pesquisa, foi elaborada uma metodologia de pesquisa que analisou o método direto de obtenção de medidas antropométricas e o desenvolvimento de um método indireto utilizando um sistema de baixo custo.

Através dos resultados dos procedimentos e dos parâmetros antropométricos obtidos, foi possível realizar a comparação e a avaliação. Também, no decorrer do desenvolvimento do método indireto, utilizando o *Microsoft Kinect* e o *software Kscan3D*, foram elaboradas recomendações e limitações para o sistema de digitalização 3D.

Além das recomendações e das limitações, foram organizadas diretrizes para auxiliar na aplicação dos parâmetros antropométricos no processo de desenvolvimento de projetos de produtos, principalmente, em produtos personalizados.

6.1.1 O desenvolvimento da metodologia e o método utilizando o Microsoft Kinect

Este item tem como objetivo principal descrever os resultados e as considerações finais referentes aos procedimentos da coleta de dados antropométricos realizados na pesquisa e o método proposto. A metodologia foi dividida em duas etapas: a coleta de dados antropométricos pelo método direto e o desenvolvimento do método para o levantamento dos parâmetros antropométricos pelo processo indireto.

O desenvolvimento da primeira etapa da metodologia da pesquisa foi realizado no primeiro semestre do ano de 2013. Com o apoio de acadêmicos do curso de Fisioterapia, foram obtidos os dados antropométricos em um indivíduo (a autora da pesquisa). A coleta ocorreu no período matutino, no laboratório do exercício - LAPEX/UFRGS. Para a coleta de dados, foram estabelecidos os instrumentos adequados para cada variável. Estes instrumentos foram selecionados conforme o tamanho e o diâmetro da variável como, por exemplo, a fita métrica para medir medidas de circunferências, antropômetros para grandes segmentos do corpo e segmômetros para pequenos segmentos como, por exemplo, a largura entre o centro dos olhos.

Foi utilizada a tabela de parâmetros antropométricos da norma alemã DIN 33402 por esta contemplar um maior número de variáveis a serem mensuradas. Durante o procedimento da coleta dos dados, foi identificado que a localização dos pontos anatômicos ocorreu de forma subjetiva. Os pontos foram encontrados pela palpação do antropometrista, pressionando os dedos contra a pele do indivíduo mensurado. Os pontos foram localizados entre as articulações e / ou os locais mais

salientes como, por exemplo, a medida do quadril, em que os pontos encontram-se na crista ilíaca.

Também, para a identificação dos pontos anatômicos, foi observada a importância do conhecimento da tridimensionalidade do corpo humano, através do estudo da anatomia. As medições de variáveis de circunferência como, por exemplo, o punho, a precisão ficou comprometida. Devido ao tecido mole do corpo humano, há um pequeno estrangulamento da circunferência, afetando o resultado da variável mensurada.

A coleta de dados antropométricos pelo método proposto foi um procedimento rápido, em que o indivíduo permaneceu exposto por apenas 3 minutos e 28 segundos durante o processo de digitalização. Muito inferior ao tempo necessário para a realização da coleta de dados pelo método direto, que foi de 1 hora e 12 minutos. Portanto, o método desenvolvido foi considerado satisfatório no que tange ao tempo em que é exigido da presença do indivíduo durante a coleta dos dados antropométricos. No entanto, o processo de alinhamento das malhas tridimensionais, demandou bastante tempo, ultrapassando 3 horas para obtenção do modelo 3D completo em 360°. Considerando que, com a experiência do manuseio do *software* Kscan3D, é possível que este tempo diminua consideravelmente. Porém, foi constatado que não há a necessidade de obter a digitalização em 360° para a obtenção da medida em algumas variáveis como, por exemplo, para a variável da altura do centro da mão com o braço erguido e para as medidas relacionadas ao indivíduo com o corpo sentado. O segundo procedimento do método proposto foi o levantamento dos parâmetros antropométricos no modelo 3D gerado. Para este levantamento, o arquivo foi exportado para o *software* Autodesk 3D Studio Max.

Este *software* é facilmente reconhecido e encontrado em universidades e faculdades relacionadas aos cursos de engenharia e projetos de produto. Ao iniciar a coleta dos parâmetros antropométricos no modelo 3D, foi identificada a dificuldade de localizar os pontos anatômicos no modelo, devido à localização, em métodos tradicionais, ocorrer de forma manual pela palpação. Considerando que mesmo nas medições pelo método indireto, é necessário saber identificar os locais específicos no corpo, denominados de “pontos anatômicos”. Para realização da coleta das medidas no modelo tridimensional gerado, foi realizada uma demarcação dos pontos

anatômicos no modelo 3D, de modo subjetivo, conforme o conhecimento da tridimensionalidade do corpo humano e da anatomia.

Devido ao elevado número de pontos na malha tridimensional do modelo 3D, os pontos não foram encontrados diretamente no modelo e, sim, através de linhas desenhadas sobre o modelo conforme as variáveis mensuradas. Não foram identificadas maiores dificuldades para a medição antropométrica pelo método proposto. As conclusões relacionadas à pesquisa desenvolvida seguem descritas no item 6.2.

6.2 CONCLUSÕES

As conclusões apresentadas neste item foram inferidas a partir dos procedimentos das coletas dos dados antropométricos, das comparações entre os dados coletados, das análises e avaliações. Bem como, foram interpretadas levando em consideração as variáveis do fenômeno abordadas na presente pesquisa.

O desenvolvimento do sistema de digitalização tridimensional resolveu plenamente a questão do contato físico com o indivíduo a ser mensurado, pois o processo desenvolvido não necessita de qualquer contato físico.

Durante o processo de digitalização 3D, foram identificadas algumas dificuldades em relação à obtenção das malhas tridimensionais. Foram analisados alguns parâmetros, tais como: iluminação, distância do *Microsoft* Kinect em relação ao indivíduo digitalizado, vestimentas do indivíduo no momento da digitalização e o movimento do indivíduo. Através destas análises, foi estudada a influência destes parâmetros na precisão do modelo 3D gerado.

Assim, foram elaboradas recomendações e identificadas limitações para o processo de digitalização. O modelo 3D obtido a partir destas recomendações contém maior definição de detalhes na geometria tridimensional, conseqüentemente, maior compatibilidade de valores antropométricos comparados aos valores obtidos pelo método manual. Com relação à compatibilidade, o resultado foi totalmente satisfatório, alcançando 97,96% de correspondência com os valores do método manual.

Portanto, os objetivos da presente pesquisa foram alcançados e a hipótese foi verificada e comprovada. O método proposto realiza as medições sem o contato físico com o indivíduo, possui baixo custo e permite a portabilidade do sistema. Esta é uma importante característica do sistema de medição antropométrica proposto

neste trabalho, pois possibilita a realização do levantamento antropométrico em locais em que se encontram pessoas incapazes de locomoção ou em instituições para deficientes físicos, contribuindo para o processo de inclusão destas pessoas.

6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste item, são apresentadas sugestões pra futuros trabalhos de pesquisa no âmbito de levantamentos antropométricos por sistemas de baixo custo utilizando o método proposto para aplicação no desenvolvimento de projeto de produtos:

- Avaliar o método proposto em pessoas com deficiência física com acentuadas deformidades no corpo humano, nas quais são impossíveis de serem obtidas pelo método manual;
- Aplicar os parâmetros antropométricos obtidos pelo método proposto em projetos de produtos;
- Utilizar o método proposto na presente pesquisa para obtenção de moldes por sistemas CAD/CAM, através do modelo 3D gerado e, assim, eliminar o processo de moldagem de gesso realizado diretamente no paciente;
- Aprimorar o método desenvolvido implementando um sistema de leitura automática dos *landmarks* no modelo tridimensional;
- Desenvolver uma plataforma giratória com rotação automática e analisar a influência na obtenção do modelo 3D a partir do uso da plataforma giratória automática e usando 4 kinects para o processo de digitalização 3D;
- Desenvolver uma vestimenta apropriada contendo os pontos anatômicos para o processo de digitalização e, assim, analisar a influência das cores e texturas da vestimenta na geração do modelo 3D;
- Dar continuidade ao trabalho realizado, desenvolvendo um sistema para obtenção de medidas antropométricas dinâmicas e funcionais.

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 9050 – Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: <<http://pessoacomdeficiencia.gov.br>>. Acesso em: 10 mai. 2013.

AITPAYEV, K.; GABER, J. Creation of 3D Human Avatar using Kinect. **Asian Transactions on Fundamentals of Electronics, Communication & Multimedia**, v. 1, n. 5, p.12-24, 2012.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008.

BARNES C. **Disabled people in Britain and discrimination: a case for anti-discrimination legislation**. London: Hurst e Co., 1994.

BERSCH, R. **Design de um serviço de tecnologia assistiva em escolas públicas**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. (Dissertação de mestrado apresentada no programa de Pós-Graduação em Design – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção do título de mestre em Design).

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n. 196, de 10 de outubro de 1996. **Diretrizes e normas regulamentadoras sobre pesquisa envolvendo seres humanos**. Brasília: CNS, 1996.

CELANI, G.; CANCHERINI, L. Digitalização tridimensional de objetos: um estudo de caso. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL – SIGRADI, 13., 2009, São Paulo, **Anais...** São Paulo, 2009, p.86-100.

IBGE – Censo Demográfico. Resultados Preliminares da Amostra Disponível em: <<http://www.deficientefisico.com/resultados-do-censo-2010-feito-pelo-ibge-sobre-pessoas-com-deficiencia/>>, Acesso em: 12 jul. 2012.

CLARKSON, J. Human capability and product design. In: SCHIFFERSTEIN, H.; HEKKERT, P. (Org.). **Product Experience**. Oxford: Elsevier, 2008.

D'APUZZO, N. Recent Advances in 3D Full Body scanning with applications to fashion and apparel. In: OPTICAL 3-D MEASUREMENT TECHNIQUES, 9., 2009, Vienna. **Anais eletrônicos...** Vienna, Austria, 2009. Disponível em: <http://www.hometrica.ch/publ/2009_optical3d.pdf>, Acesso em: 06 jun. 2012.

DIGIOVINE, C.; HOBSON, D.; COOPER, R. Clinical practice of rehabilitation engineering. In: COOPER, R., OHNABE, H., HOBSON, D. (Org.). **An introduction to rehabilitation engineering**. Boca Raton: USA CRC Press, 2007.

DUTTA, T. Evaluation of the Kinect sensor for 3-D kinematic measurement in the workplace. **Applied ergonomics**, v. 43, n. 4, p. 645-649, 2012.

FILIFE, V.; FERNANDES, F.; FERNANDES, H.; SOUZA, A.; PAREDES, H.; BARROSO, J. Blind navigation support system based on Microsoft Kinect. **Procedia Computer Science**, v. 14, p. 94-101, 2012.

FONSECA, L.; LIMA, C. **Paralisia cerebral: neurologia, ortopedia, reabilitação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

FOURIE, Z; DAMSTRA, J; GERRITS, P. O.; REN. Y. Evaluation of anthropometric accuracy and reliability using different three-dimensional scanning systems. **Forensic Science International**, v.. 207, n.1, p. 127–134, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1987.

GONTIJO, L. A.; SCHOENARDIE, R. P.; TEIXEIRA, C. S.; MERINO, G. S. A. D.; MERINO. E. A. D. **Antropometria: necessidade de constantes investigações para a efetiva contribuição na área da Ergonomia**. In: EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires, Ano 15, Nº 149, Outubro de 2010. Disponível em: <http://www.efdeportes.com>. Acesso em 10 de agosto de 2012.

GONZALEZ, J.; RIVEIRO, B.; FERNANDEZ, V.; SÁNCHEZ, M.; ARIAS, P. Metrological evaluation of Microsoft Kinect and Asus Xtion sensors. **Measurement**, v. 46, p. 1800–1806, 2013.

GREEN, W.; JORDAN, P. **Human factors in product design: current practice and future trends**. New York: CRC Press, 1999.

GUIMARÃES, L.; BIASOLLI, P. Levantamento antropométrico: o Brasil ainda precisa ter o seu? In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA E USABILIDADE DE INTERFACES HUMANO-TECNOLOGIA, 2., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2002. 1 CD-ROM.

HAN, H.; NAM, Y.; CHOI, K. Comparative analysis of 3D body scan measurements and manual measurements of size Korea adult females. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 40, n. 5, p. 530-540, 2010.

HERSH, M. The Design and Evaluation of Assistive Technology Products and Devices Part 1: Design. In: STONE H.; BLOUIN, M. (Org.). **International Encyclopedia of rehabilitation**, 2010.

HERSH, M.; JOHNSON, M. On modelling assistive technology systems part 1: modelling framework. **Technology and Disability**, v 30, n.3, p. 251-270, 2008.

HOBSON, D.; MOLENBROEK, J. Anthropometry and design for the disabled: Experiences with seating design for the cerebral palsy population. **Applied Ergonomics**, v. 21, n.1, p. 43-54, 1990.

HYPONEN H. **Handbook on inclusive design for telematics applications**. Helsinki: National Research and Development Centre for Welfare and Health 1999.

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

JOHNSTONE, D. **An introduction to disability studies**. 2. ed. London: David Fulton Publishers, 2001.

JONES, P.; RIOUX, M. Three-dimensional surface anthropometry: applications to the human body. **Optics and Lasers in Engineering**, v. 28, n. 2, p. 89-117, 1997.

KOUCHI, M.; MOCHIMARU, M. Errors in landmarking and the evaluation of the accuracy of traditional and 3D anthropometry. **Applied Ergonomics**, v. 42, n. 3, p. 518-527, 2011.

LADEIRA, W.; DALMARCO, G.; NIQUE, W. **Internacionalização da produção via integração produtiva: Uma perspectiva brasileira na América Latina**. V Encontro de Estudos em Estratégia. Porto Alegre, 2011.

LEE, H; HONG, K. Optimal brassiere wire based on the 3D anthropometric measurements of under breast curve. **Applied Ergonomics**, v. 38, n. 3, p. 377-384, 2007.

LI, Z; CHANG, C.; DEMPSEY, P. G.; CAI, X. Refraction effect analysis of using a hand-held laser scanner with glass support for 3D anthropometric measurement of the hand: A theoretical study. **Measurement**, v. 41, n. 8, p. 842-850, 2008.

LIN, Y.; WANG, M. Constructing 3D human model from front and side images. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 5, p. 5012-5018, 2012.

LÖBACH, B. **Design industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Blücher, 2000.

LU, J.; WANG, M. J. Automated anthropometric data collection using 3D whole body scanners. **Expert Systems with Applications**, v. 35, n. 1-2, p. 407-414, 2008.

LU, J.; WANG, M.; MOLLARD, R. The effect of arm posture on the scan-derived measurements. **Applied Ergonomics**, v. 41, n. 2, p. 236-241, 2010.

LUXIMON, Y.; BALL, R.; JUSTICE, L. The 3D Chinese head and face modeling. **Computer-Aided Design**, v. 44, p. 40-47, 2012.

MAAL, T.; PLOOIJ, J.; ETTEMA, A.; BERGÉ, S. Registration of 3-Dimensional Facial Photographs for Clinical Use. **J Oral Maxillofac Surg**, v. 68 p. 2391-2401, 2010.

MARSHALL, R.; CASE, K.; OLIVER, R.; GYI, D.; PORTER, J. A task based 'design for all' support tool. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 18, n. 3, p. 297-303, 2002.

MOLENBROEK, J. Anthropometry of elderly people in the Netherlands; research and applications. **Applied ergonomics**, v. 18, n. 3, p. 187-199, 1987.

MORENO, A.; SÁNCHEZ, A.; MARTÍNEZ, E.; VÉLEZ, J. Three-dimensional facial surface modeling applied to recognition. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 22, p. 233–1244, 2009.

NAKANO, Y. Globalização, competitividade e novas regras de comércio mundial. **Revista de Economia Política**, v. 14, n. 94, p. 56, 1994.

NORTON, K; OLDS, T. **Antropométrica: um livro sobre medidas corporais para o esporte e cursos da área da saúde**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

NORTON, J.; DONALDSON, N.; DEKKER, L. 3D whole body scanning to determine mass properties of legs. **Journal of biomechanics**, v. 35, n. 1, p. 81-86, 2002.

NOWAK, E. The role of anthropometry in design of work and life environments of the disabled population. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 17, n. 2, p. 113-121, 1996.

OZSOY, U.; DEMIREL, B.; YILDIRIM, F.; TOSUN, O.; SARIKCIOGLU, L. Method selection in craniofacial measurements: Advantages and disadvantages of 3D digitization method. **Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery**, v. 37, p. 285 - 290, 2009.

PAHL G, BEITZ W, WALLACE K, BLESSING L, BAUERT F. **Engineering design a systematic approach**. Berlin: Springer, 1996.

PANERO, J.; ZELNIK, M. **Las dimensiones humanas en los espacios interiores: estándares antropométricos**. México: G. Gill, 2002.

PASCHOARELLI, L. **O posto de trabalho carteira escolar como objeto de desenvolvimento da educação infantil: uma contribuição do design e da ergonomia**. Bauru: UNESP, 1997. 121p. (Dissertação de Mestrado em Desenho Industrial da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista, Campus Bauru).

PETROSKI, E. (Org.). **Antropometria: técnicas e padronização**. Porto Alegre: Palotti, 1999.

PEQUINI, S. **Ergonomia aplicada ao design de produtos**: um estudo de caso sobre o design de bicicletas. São Paulo: USP, 2005. (Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Arquitetura e urbanismo da Universidade de São Paulo, Departamento de Tecnologia).

PRODANOV, C.; FREITAS, E. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo: Feevale, 2009.

ROCHA, E. **Reabilitação de pessoas com deficiência**: intervenção em discussão. São Paulo: Roca, 2006.

ROOZENBURG N.; EKELS J. **Product design**: fundamental and methods. Chichester: Wiley, 1995.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.; AMARAL, D.; TOLEDO, J.; SILVA, S.; ALLIPRANDINI, D.; SCALICE, R. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, V.; CANDELOORO, R. **Trabalhos acadêmicos**: uma orientação para a pesquisa e normas técnicas. Porto Alegre: Age, 2006.

SANGELKAR, S.; COWEN, N.; MCADAMS, D. User activity–product function association based design rules for universal products. **Design Studies**, v. 33, n. 1, p. 85-110, 2012.

SELL, I. **Projeto do trabalho humano**: melhorando as condições de trabalho. Florianópolis: UFSC, 2002.

SILVA, F.; DUARTE, L.; ROLDO, L.; KINDLEIN, W. A Digitalização Tridimensional Móvel e sua aplicação no Design de Produto. **Design & Tecnologia**, v.1, n.1, p. 60-65, 2010.

SILVA, F. **Usinagem de Espumas de Poliuretano e Digitalização Tridimensional para Fabricação de Assentos Personalizados para Pessoas com Deficiência**. Porto Alegre: UFRGS, 2011. 192p. (Tese de Doutorado em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais – PPGE3M da Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

SIMMONS, Karla Peavy. **Body measurement techniques: a comparison of three-dimensional body scanning and physical anthropometric methods**. Raleigh: NCSU, 2001. (Tese de Doutorado. North Carolina State University).

SCHOENARDIE, R.; TEIXEIRA, C.; MERINO, E. Design e Antropometria: diferenciação estratégica. **Projética**, v. 2, n. 2, p. 31-42, 2011.

STEINFELD, E. Modeling spatial interaction through full-scale modeling. **International journal of industrial ergonomics**, v. 33, n. 3, p. 265-278, 2004.

TONG, J; ZHOU, J; LIU, L; PAN, Z; YAN, H. Scanning 3d full human bodies using kinects. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, v. 18, n. 4, p. 643-650, 2012.

TOMMASELLI, A.; SILVA J.; HASEGAWA J.; GALO M.; DAL POZ, A. Fotogrametria: aplicações a curta distância. In: MENEGUETE, M; ALVES, N. (Org.). **FCT**. Presidente Prudente, 1999, v. 40.

TOMKINSON, G.; SHAW, L.; Quantification of the postural and technical errors in asymptomatic adults using direct 3D whole body scan measurements of standing posture. **Gait & Posture**, v. 3, p. 172–177, 2013.


ULRICH K., EPPINGER S. **Product design and development**. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2008.

WANG, M.; WU, W.; LIN, K.; YANG, S.; LU, J. Automated anthropometric data collection from three-dimensional digital human models. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 32, n. 1-2, p. 109-115, 2007.

WANG, M.; WU, F.; MA, M.; CHANG, R. A new user-centered design approach: A hair washing assistive device design for users with shoulder mobility restriction. **Applied Ergonomics**, v. 40, n. 5, p. 878-886, 2009.

VEZZETTI, E; MARCOLIN, F. 3D human face description: landmarks measures and geometrical features. **Image and Vision Computing**, v. 30, n. 10, p. 698-712, 2012.

ANEXO A



Sistema Pesquisa - Pesquisador: Fabio Goncalves Teixeira

Situação de projeto de pesquisa em comissão de avaliação

Projeto Nº: 24256

Título: METODO PARA LEVANTAMENTO DE PARAMETROS ANTROPOMETRICOS UTILIZANDO DIGITALIZADOR 3D DE BAIXO CUSTO

Projeto aprovado em 15/03/2013 pela COMISSAO DE PESQUISA DE ENGENHARIA

[Vizualizar Parecer](#)

Projeto encaminhado a(o) COMITE DE ETICA EM PESQUISA DA UFRGS em 15/03/2013

Linhas de Pesquisa

Projetos de Pesquisa

Áreas de Atuação

Bolsas de Pesquisa

Programa de Iniciação Científica Voluntário

Programa de Fomento à Pesquisa(audlio)

ANEXO B



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
 CENTRO DE EXCELÊNCIA ESPORTIVA
 LABORATÓRIO DE PESQUISA DO EXERCÍCIO
 Rua Felizardo 750
 Bairro Jd. Botânico - Porto Alegre RS - CEP: 90690-200
 Tel. 051 - 33085817 / 33085843
 e-mail: recepapex@esef.ufrgs.br



LAUDO DE AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

NOME: Clariana Fisher Brendler

SEXO: Feminino

Nasc.: 09/5/1980

IDADE: 32

ESTATURA: 1,59 m

MASSA CORPORAL: 53,7 Kg

DATA DA AVALIAÇÃO: 18/12/2012

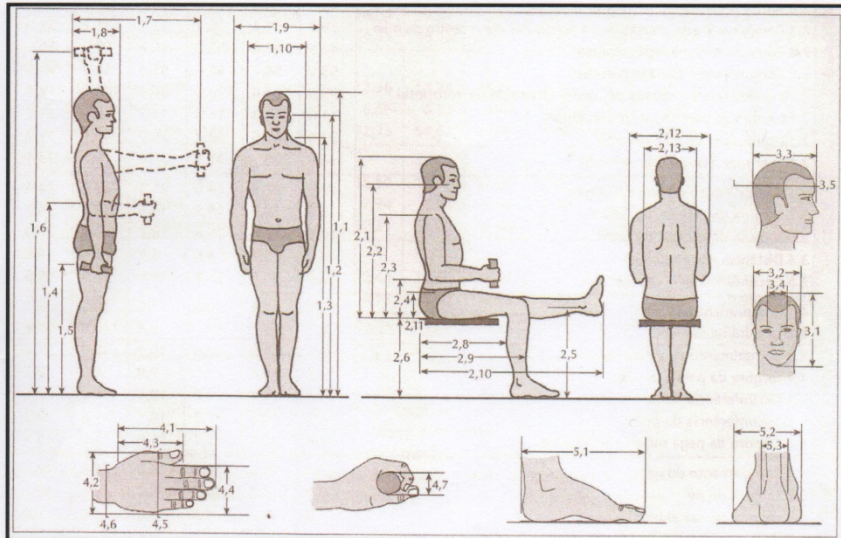
HORÁRIO: 10h

Avaliador: Belmar Andrade e Camila Ely

Observações: A avaliação será utilizada para os dados do seu trabalho de mestrado do PgDesign/UFRGS. Essas medidas serão posteriormente comparadas com as medições obtidas no modelo 3D gerado por um digitalizador 3D

MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

A avaliação antropométrica foi realizada conforme a tabela DIN 33402, ilustrada na figura abaixo.





UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
 CENTRO DE EXCELÊNCIA ESPORTIVA
 LABORATÓRIO DE PESQUISA DO EXERCÍCIO
 Rua Felizardo 750
 Bairro Jd. Botânico - Porto Alegre RS - CEP: 90690-200
 Tel. 051 -33085817 / 33085843
 e-mail: receptapex@esef.ufrgs.br



MEDIDAS DA ANTROPOMETRIA ESTÁTICA (cm)	
1. CORPO EM PÉ	
	(cm)
1.1 ESTATURA, CORPO ERETO	159
1.2 ALTURA DOS OLHOS, EM PÁ, ERETO	149,5
1.3 ALTURA DOS OMBROS, EM PÉ, ERETO	133,5
1.4 ALTURA DO COTOVELO, EM PÉ, ERETO	99
1.5 ALTURA DO CENTRO DA MÃO, BRAÇO PENDIDO, EM PÉ	74
1.6 ALTURA DO CENTRO DA MÃO, BRAÇO ERGUIDO, EM PÉ	190
1.7 COMPRIMENTO DO BRAÇO, NA HORIZONTAL, ATÉ O CENTRO DA MÃO	65
1.8 PROFUNDIDADE DO CORPO, NA ALTURA DO TÓRAX	15,7
1.9 LARGURA DOS OMBROS, EM PÉ	34,8
1.10 LARGURA DOS QUADRIS, EM PÉ	26,8
2. CORPO SENTADO	
2.1 ALTURA DA CABEÇA, A PARTIR DO ASSENTO, CORPO ERETO	85,5
2.2 ALTURA DOS OLHOS, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	74,5
2.3 ALTURA DOS OMBROS, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	57,1
2.4 ALTURA DO COTOVELO, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	24,3
2.5 ALTURA DO JOELHO, SENTADO	44,2
2.6 ALTURA POLÍTEA (PARTE INFERIOR DA COXA)	41,3
2.7 COMPRIMENTO DO ANTEBRAÇO, NA HORIZONTAL ATÉ O CENTRO DA MÃO	29
2.8 COMPRIMENTO NÁDEGA-POPLÍTEA	46,5
2.9 COMPRIMENTO NÁDEGA-JOELHO	55,8
2.10 COMPRIMENTO NÁDEGA-PÉ, PERNA ESTIRADA NA HORIZONTAL	97,5
2.11 ALTURA DA PARTE SUPERIOR DAS COXAS	15,4
2.12 LARGURA ENTRE COTOVELOS	35,4
2.13 LARGURA DOS QUADRIS, SENTADO	25
3. CABEÇA	
3.1 COMPRIMENTO VERTICAL DA CABEÇA	18,8
3.2 LARGURA DA CABEÇA, DE FRENTE	13,7
3.3 LARGURA DA CABEÇA, DE PERFIL	18,4
3.4 DISTÂNCIA ENTRE OS OLHOS	3
3.5 CIRCUNFERÊNCIA DA CABEÇA	52
4. MÃOS	
4.1 COMPRIMENTO DA MÃO	16,9
4.2 LARGURA DA MÃO	9
4.3 COMPRIMENTO DA PALMA DA MÃO	8,6
4.4 LARGURA DA PALMA DA MÃO	7,7
4.5 CIRCUNFERÊNCIA DA PALMA	20,5
4.6 CIRCUNFERÊNCIA DO PULSO	4,5
4.7 CILINDRO DE PEGA MÁXIMA (DIÂMETRO)	3,6
5. PÉS	
5.1 COMPRIMENTO DO PÉ	22,6
5.2 LARGURA DO PÉ	9,1
5.3 LARGURA DO CALCANHAR	4,1



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
CENTRO DE EXCELÊNCIA ESPORTIVA
LABORATÓRIO DE PESQUISA DO EXERCÍCIO
Rua Felizardo 750
Bairro Jd. Botânico - Porto Alegre RS - CEP: 90690-200
Tel. 051 -33085817 / 33085843
e-mail: receplapex@esef.ufrgs.br



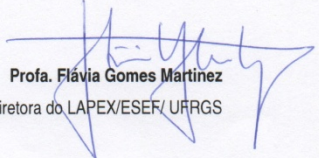
Descrição da Avaliação

As medidas foram realizadas com tais equipamentos: paquímetro e antropômetro da marca CESCORF, segmômetro, VONDER, e fita métrica, ProFisioMed.

Nas medidas sentadas foi utilizado um banco de 40 cm.

Para as medidas de mãos e pés foram utilizados o membro dominante, neste caso, o DIREITO.

Porto Alegre, 18 de Dezembro de 2012


Prof. Flávia Gomes Martinez
Diretora do LAPEX/ESEF/ UFRGS