

Método para Obtenção de Medidas Antropométricas Utilizando um Digitalizador 3D de Baixo Custo

Clariana F. Bendler, clafischer@hotmail.com – Programa de Pós-Graduação em Design, Departamento de Design e Exp. Gráfica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

Fábio G. Teixeira, fabioigt@ufrgs.br – Programa de Pós-Graduação em Design, Departamento de Design e Exp. Gráfica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

Resumo

O objetivo é desenvolver um método para obtenção de medidas antropométricas através de um digitalizador 3D de baixo custo. A metodologia da pesquisa consiste em seis 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. 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. 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; Dados Antropométricos; Projeto de Produto; Tecnologia Assistiva; Kinect; Baixo custo.

Method for obtaining anthropometric measurements using a low cost 3D scanner

Abstract

The aim is to develop a method for obtaining anthropometric parameters using a low cost three-dimensional digitizer. 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. 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: 3D scanning; Anthropometric data, Product design; Product design; Assistive Technology; Kinect; Low-cost.

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).

Existem duas maneiras de obtenção das medidas antropométricas: por método direto (medições manuais) ou método indireto (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 e fitas métricas. Porém, os métodos e procedimentos de obtenção de medidas do corpo humano por métodos manuais são considerados procedimentos demorados e envolvem o contato físico com os indivíduos a serem mensurados (LU, J. e WANG, 2008; SIMMONS, 2001; TOMKINSON, G.e SHAW, L, 2015).

O contato físico do antropometrista com o indivíduo a ser mensurado e o tempo demorado para a realização do levantamento dos dados antropométricos são um problema, principalmente, em indivíduos com deficiência física, idosos e grávidas, devido às dificuldades em se manter na posição estática por um tempo prolongado. Em pessoas com deficiências físicas, que possuem deformação física, as medições tornam-se complexas e, em algumas variáveis, os dados antropométricos são impossíveis de serem obtidos. O tipo de deficiência física pode afetar consideravelmente as distribuições das dimensões do corpo (HOBSON e MOLENBROEK, 1990; JONES e RIOUX, 1997; LUXIMON *et al.*, 2012).

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.

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 e, dependendo do clima, esse tipo de situação é agravado por causa do frio e do gesso molhado em contato com a pele do indivíduo, o que causa grande desconforto.

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 físico com o indivíduo a ser mensurado.

Assim, 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 sem o contato físico no usuário.

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 utilizadas, por exemplo, em projetos de produtos para Tecnologia Assistiva (TA), que requerem dados mais precisos e personalizados (JONES e RIOUX, 1997; WANG *et al.*, 2009).

A digitalização tridimensional vem se mostrando extremamente importante para o campo do Design e Tecnologia. As tecnologias de digitalização 3D mais utilizadas para digitalizar o corpo humano, como os sistemas a laser (*laser scanning*), por luz branca (*white light scanning*) e

fotogrametria (*photogrammetry*), são de difícil acesso pelo seu alto custo, requerem um conhecimento especializado para sua operação e possuem baixa portabilidade (D'APUZZO, 2009; TONG et al., 2012).

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.

Há 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, é um dispositivo portátil e fácil de manusear.

Segundo alguns autores como: Tong (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, no qual requer realismo nos modelos 3D de corpos humanos.

Assim, o Kinect pode vir a ser utilizado como um scanner 3D e, deste modo, atuar como uma ferramenta para obtenção dos parâmetros antropométricos. O objetivo deste trabalho é desenvolver um método para obtenção de parâmetros antropométricos através de um digitalizador tridimensional de baixo custo para auxiliar no projeto de produtos personalizados e de tecnologia assistiva.

2. PRODUTOS DE TECNOLOGIA ASSISTIVA: CLASSIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO NO PROCESSO DE DESIGN

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. Os produtos de Tecnologia Assistiva têm como objetivo principal auxiliar pessoas com necessidades especiais no desempenho de suas funções, reduzindo incapacidades para a realização de atividades da vida diária e da vida prática.

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).

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 (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 ou idosos encontram;
- Produtos de Reabilitação: são projetados para restabelecer o funcionamento das pessoas com deficiência ou idosos ou pessoas que passam por problemas físicos ou 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, devem-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.

2.1 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 01.

Portanto, é na fase Projeto Informacional 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.* (2009), classificam em Projeto Informacional a fase na qual são levadas em consideração as características físicas dos usuários como os dados antropométricos.

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.

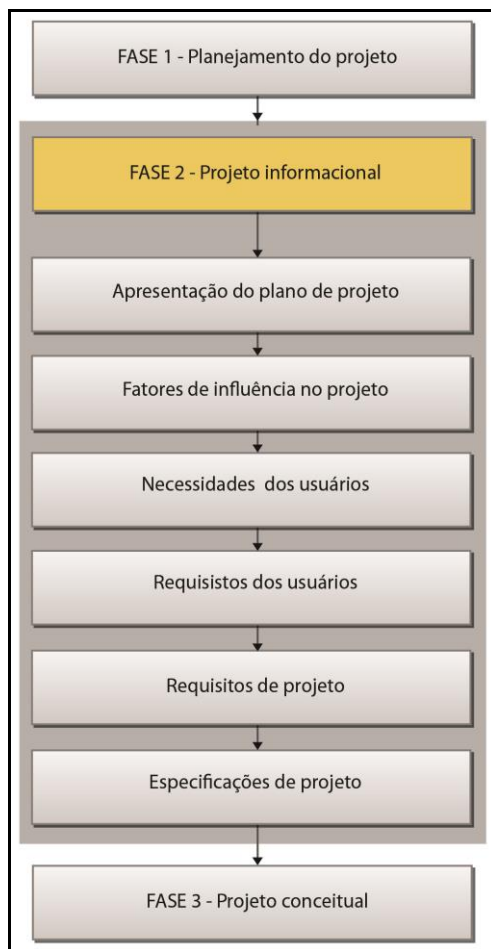


Figura 01: Fluxograma da Fase de Projeto Informacional. Fonte: Adaptado de Back et al. (2008, p.76).

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 02.

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 iterativo 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.

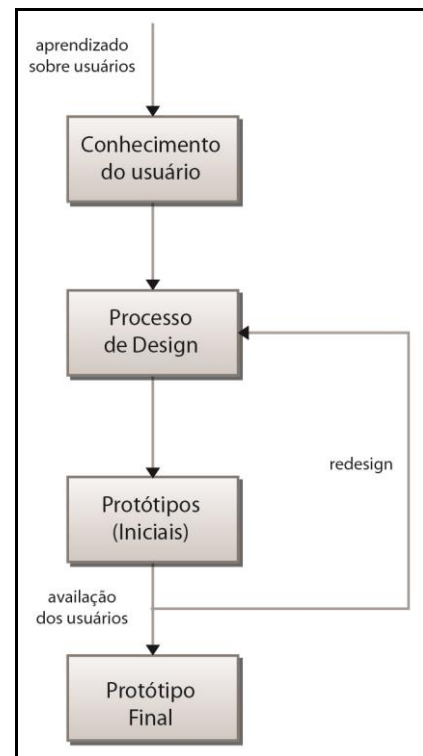


Figura 02: Modelo do processo de Design Centrado no Usuário. Fonte: Adaptado de Hersh (2010).

2.2 Antropometria como ferramenta para auxílio no desenvolvimento de produtos

Os parâmetros antropométricos têm contribuído para a melhoria da qualidade dos produtos de consumo, adaptando-os melhor às necessidades e características do usuário.

Deve ser avaliado 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 (SIMMONS, 2001).

É fundamental uma definição correta da população usuária em termos de idade, sexo e etnia. É necessário definir se o produto será utilizado por um único usuário, necessitando de personalização nos dados antropométricos, ou se o produto será utilizado por um grupo maior de pessoas (CLARKSON, 2008).

Segundo Schoenardiea *et al.* (2011) “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. 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.

Para o desenvolvimento de projetos de produtos, geralmente, as informações dos dados antropométricos são encontradas em bancos de dados ou na literatura. Porém, para projetos personalizados, o mais adequado é realizar o levantamento dos dados antropométricos, necessários para o projeto, diretamente no usuário final do produto.

2.2.1 Método para levantamento antropométrico direto ou manual para antropometria estática

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"* de Quetlet (PANERO e ZELNIK, 2002).

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).

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"* (PANERO e ZELNIK, 2002).

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).

A fonte mais abrangente de dados antropométricos que existe atualmente em todo o mundo é o *"Anthropometric Source Book"* publicado em três volumes pela NASA (PANERO e ZELNIK, 2002). Entretanto, nota-se que os estudos são realizados em militares do sexo masculino (NORTON et al., 2002). Existem poucos estudos e pesquisas no campo da antropometria realizadas em civis (PANERO e ZELNIK, 2002). Para o Design, é mencionado o trabalho de *"Human Scale"* de 1974, por Diffrient, Tilley e Bardagiy, baseado em medidas norte-americanas. Também importante é a publicação de Panero e Zelnik de 2002, com o livro *"Human Dimension & Interior Space"* (IIDA, 2005).

2.2.2 Métodos e instrumentos

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

Os métodos diretos 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 podem ser realizados por diferentes sistemas e tipos de digitalizadores tridimensionais do corpo humano.

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 regulagens deve ser baseada na antropometria do usuário, na natureza da tarefa e nas limitações físicas ou mecânicas envolvidas.

Primeiramente, devem ser definidas quais as medidas que serão obtidas e isso envolve a descrição dos pontos do corpo entre os quais serão mensurados. 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).

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).

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.

Segundo Iida (2005), 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.

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.

2.3 Digitalização 3D em corpos humanos

Um dos primeiros *scanners* 3D a serem utilizados para medir o corpo humano foi o LASS *"The Loughborough Anthropometric Shadow Scanner"* patenteado em 1987. 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 para todo o corpo humano (WANG et al., 2007).

Nos EUA, Holanda e Itália, entre 1998 e 2002, foi realizado um projeto multinacional, chamado CAESAR (*American and European Surface Anthropometry Resource Civilian*) que estudou métodos para levantamento de medidas antropométricas e, assim, foi construído um banco de dados de modelos humanos em 3D. Entre 2003 e 2004, países como China, Coreia, 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).

Um *scanner* 3D de corpo inteiro fornece uma grande fonte de dados antropométricos a partir do modelo tridimensional gerado. Porém, os digitalizadores 3D tradicionais no mercado, por sistemas a *laser* e por luz branca são de difícil acesso pelo seu alto custo, requerem um conhecimento especializado para sua operação e possuem baixa portabilidade (LIN e WANG, 2008; D'APUZZO, 2009; Tong et al., 2012).

Ainda é incipiente e há carência de pesquisas e métodos para realização de medidas antropométricas para projetos de produtos personalizados por um sistema de digitalização 3D de baixo custo. Os métodos manuais tradicionalmente utilizados para o levantamento antropométrico são considerados métodos demorados e a obtenção de medidas antropométricas, devido à complexidade das formas do corpo humano, são difíceis e até mesmo impossíveis de serem obtidas (LUXIMON et al., 2012).

Uma opção de *scanner* 3D de baixo custo é o Microsoft Kinect. Autores como Tong et al. (2012), Aitpayev e Gaber (2012); Filipe et al. (2012) e H. Gonzalez-Jorge et al. (2013) vêm utilizando o Kinect como *scanner* 3D em animações 3D, auxílio em aplicações de projetos em realidade virtual e em computação gráfica.

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 (AITPAYEV, K.; GABER, 2012)

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. Vários estudos com o Kinect vêm sendo realizados, principalmente, por ser um dispositivo de baixo custo, portátil e fácil de ser manuseado. Portanto, o Kinect pode vir a ser uma nova ferramenta para auxiliar no desenvolvimento de produtos e produtos de TA, possibilitando o levantamento de parâmetros antropométricos através do modelo 3D gerado.

3. MÉTODOS E PROCESSOS

O trabalho foi desenvolvido em seis etapas principais, conforme a figura 03. 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.

A **segunda etapa** refere-se à coleta e à análise de dados pelo método direto. A **terceira etapa** é o levantamento das medidas antropométricas utilizando o digitalizador 3D Kinect. Após, a **quarta etapa** é a comparação e a análise dos dados obtidos pelo método direto e indireto.

Esta etapa compreende a análise e a descrição dos resultados obtidos durante a coleta dos dados. A **quinta etapa** da pesquisa é referente aos resultados e a discussão. A **sexta** e última etapa, portanto, consiste na finalização do trabalho, a partir da discussão dos resultados obtidos pela comparação dos dados pelo método direto e pelo método proposto.

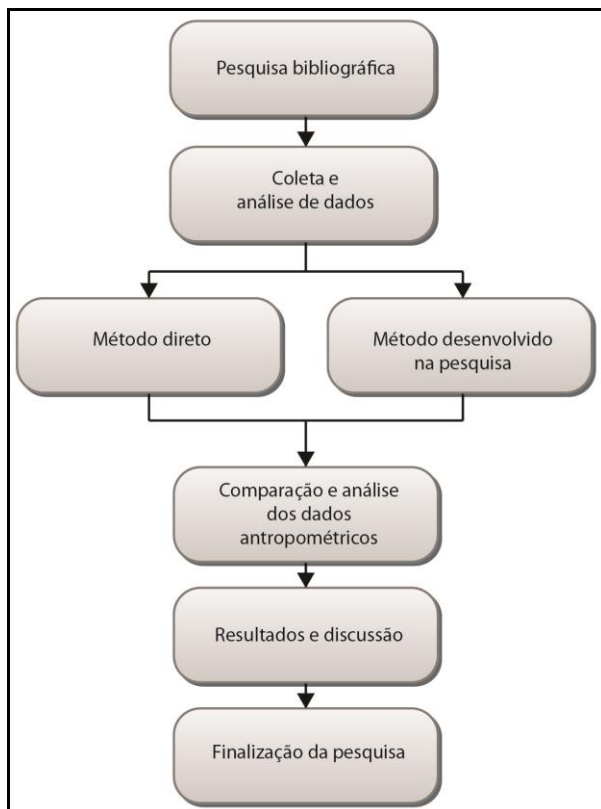


Figura 03: levantamento antropométrico pelo método direto.

3.1 Coleta e Análise dos dados 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 método indireto, conforme é apresentado na figura 04.

Foram estabelecidos os instrumentos a serem utilizados na pesquisa para coleta de dados. O número de sujeitos a serem mensurados foi um, visto que não há necessidade de utilizar mais pessoas, já que não é objetivo deste trabalho realizar tabelas antropométricas informando a média de um segmento da população.

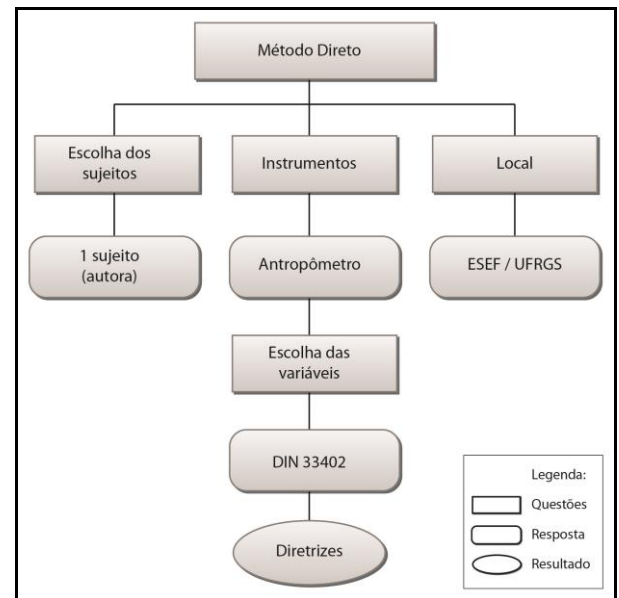


Figura 04: levantamento antropométrico pelo método direto.

Na figura 05, são apresentadas imagens de algumas medições que foram realizadas pelo método direto.



Figura 05: levantamento antropométrico pelo método direto.

O indivíduo mensurado preencheu um formulário de consentimento (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) como parte preliminar do procedimento.

A próxima etapa é a escolha das variáveis (partes do corpo) a serem mensuradas. Foram escolhidas as variáveis estabelecidas pela norma alemã DIN 33402 de junho de 1981. A tabela DIN 33402 apresenta 38 variáveis do corpo humano a serem mensuradas e a postura adequada para o momento da medição. São elas: postura em pé, sentado, variáveis da cabeça, mãos e pés. Para as medidas na posição sentado e as medidas do pé foi utilizado uma caixa antropométrica com 40 cm de altura e, para as medidas da mão e do pé, foram mensurados o membro dominante, neste caso, o DIREITO.

O horário que aconteceu o levantamento antropométrico foi as dez horas do turno matutino, com duração total de 1 hora e doze minutos, desde a primeira medição até a última. Após o levantamento antropométrico, os resultados foram descritos na tabela 01 para posteriormente serem comparados ao levantamento realizado pelo método desenvolvido.

3.2 Levantamento de parâmetros antropométricos utilizando digitalizador 3D de baixo custo

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, conforme é apresentado na figura 06.

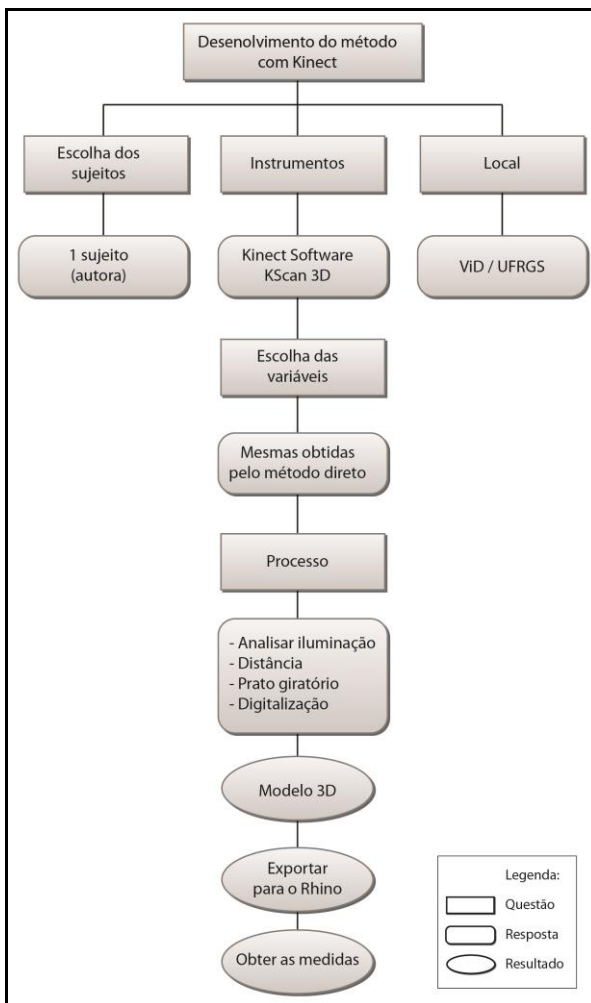


Figura 06: desenvolvimento do método indireto.

O primeiro procedimento tem como objetivo obter o modelo tridimensional do indivíduo. Assim, o processo foi

iniciado a partir da digitalização do indivíduo. 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 obtidas 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 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.

Após a identificação das restrições para a digitalização, foi iniciado o processo de geração do modelo 3D. O indivíduo permaneceu parado durante a varredura das imagens, por apenas 3 minutos e 28 segundos.

Portanto, 4 segundos para cada *scan*, totalizando em 52 *scans*. Após a digitalização, foi iniciado o processo de montagem das malhas tridimensionais. A figura 07 apresenta o processo de alinhamento das malhas tridimensionais e, em amarelo, é demonstrado o corte das imagens do piso. A figura 08 apresenta o modelo tridimensional após o alinhamento das malhas 3D. Para o processo da digitalização 3D, o operador do Microsoft Kinect se movimenta em torno do indivíduo que permanece parado. Desta forma, é realizada a varredura das imagens em diferentes ângulos, completando 360° em torno do indivíduo.

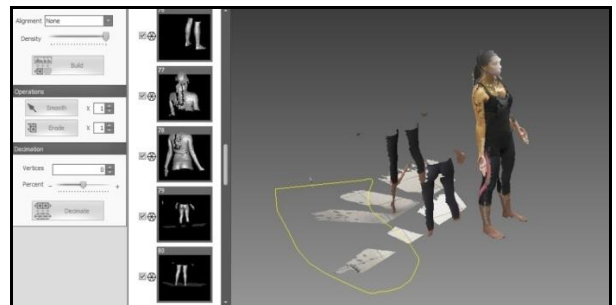


Figura 07: Geração do modelo 3D.



Figura 08: Modelo 3D finalizado vista anterior.

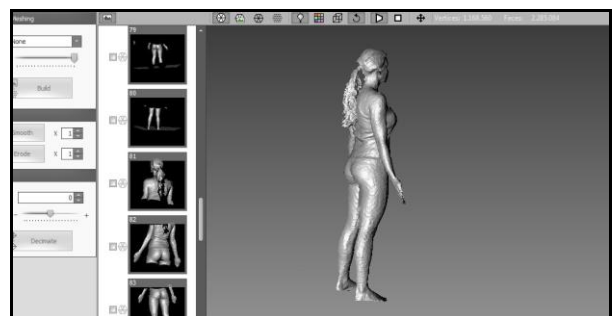


Figura 09: Modelo 3D finalizado vista posterior.

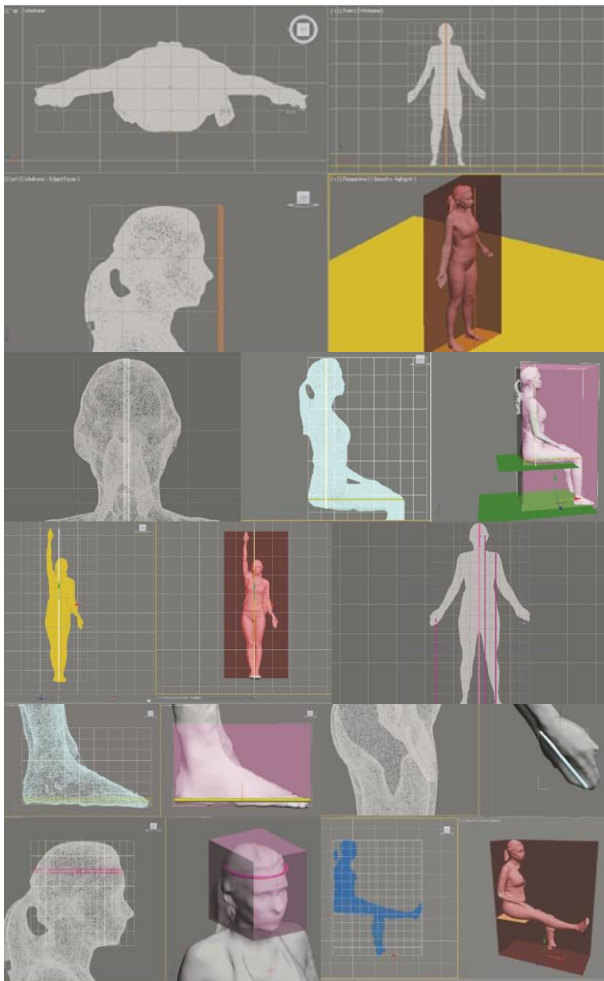


Figura 10: levantamento antropométrico a partir do modelo 3D.

A obtenção dos parâmetros antropométricos é realizada diretamente no modelo 3D. 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. A figura 10 apresenta imagens do levantamento antropométrico realizado a partir do modelo 3D obtido. 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.

Foram necessárias 32 digitalizações para suprir as 38 variáveis a serem mensuradas. O método desenvolvido na presente pesquisa segue representado na figura 11.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao iniciar o processo de digitalização 3D, foi observado que algumas imagens ou não eram reconhecidas pelo Kinect ou causavam falhas na malha tridimensional. As questões analisadas durante o processo foram: o tamanho, a forma, a iluminação do ambiente, a distância do indivíduo em relação ao Kinect, as vestimentas do indivíduo a ser digitalizado (quanto à cor do tecido) e o movimento do indivíduo no momento da varredura da imagem.

4.1 Tamanho e Forma

Foi identificado que as imagens geradas de detalhes de membros pequenos, como mãos, pés e partes do rosto 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 com boa precisão pelo Kinect.

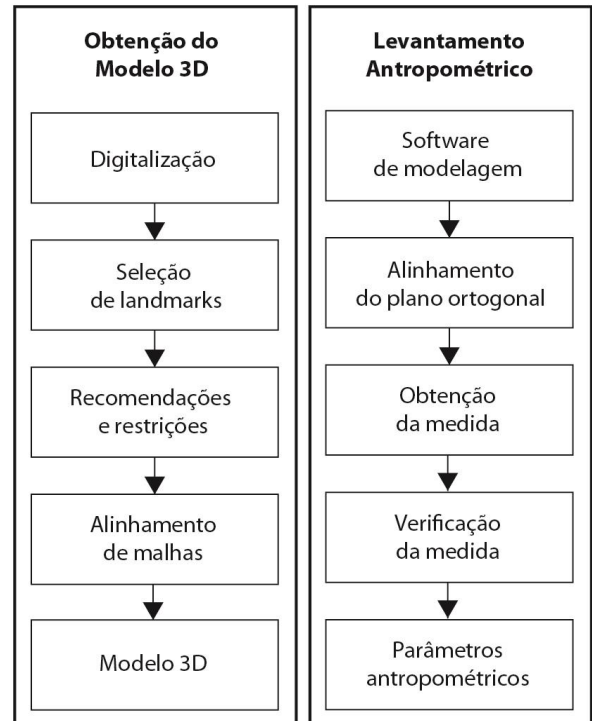


Figura 11: Método para levantamento de parâmetros antropométrico utilizando um digitalizador de baixo custo.

4.2 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.

4.3 Distância

Para o melhor desempenho do processo de obtenção do modelo tridimensional, foi analisada a distância em que o indivíduo deve permanecer em relação ao 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 gerada. Conforme os resultados das análises, o mínimo recomendado para que as câmeras do Kinect consigam gerar a imagem tridimensional do indivíduo encontra-se a partir de 50 cm de distância. O máximo de distância em que o indivíduo deve se localizar em relação ao Kinect é de 1 metro e 40 cm. Portanto, para o processo de digitalização da presente pesquisa, a distância em que o indivíduo permaneceu no momento da varredura da imagem em relação ao Kinect foi de 60 cm.

4.4 Vestimenta do indivíduo

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.

4.5 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.

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.

Foi realizada uma comparação das medidas obtidas pelo método direto e das medidas obtidas pelo método proposto. Na tabela 01 são apresentados os dados obtidos pelo método direto e pelo método proposto no trabalho.

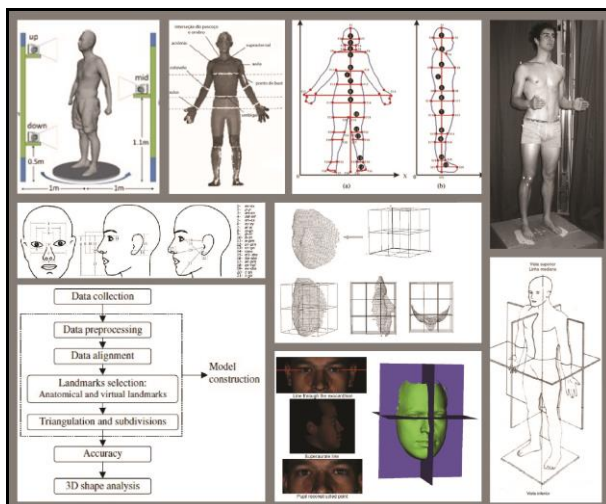


Figura 12: Painel semântico. Fonte: autores com base em Lin e Wang (2012); Lu e Wang (2008); Tong et al. (2012); Norton e Olds (2005); Luximon et al. (2012); Moreno et al. (2009); Tomkinson e Shaw. (2013); Maal et al. (2010).

A tabela 02 apresenta a diferença da medida em centímetros e a compatibilidade em porcentagem.

Tabela 01: Tabela contendo os resultados das medidas obtidas pelos métodos diretos e indiretos.

Variáveis	Método direto	Método indireto
1. Corpo em pé		
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 poplíteia (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-poplíteia	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	-

Os resultados das medidas obtidas pelo método direto e o método proposto no trabalho 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.

Tabela 02: 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 poplíteia (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-poplíteia	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	-	-

A média dos valores 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.

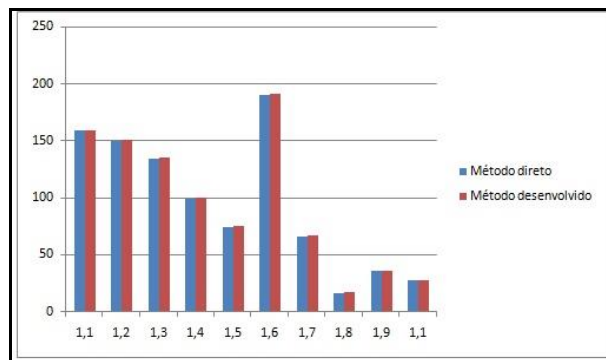


Figura 13: Variáveis do indivíduo na posição em pé.

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. A figura 13 apresenta a compatibilidade entre as medidas das variáveis do indivíduo na posição em pé no qual obteve 98,49%.

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 14 é apresentado os resultados das variáveis mensuradas com o indivíduo na posição sentado.

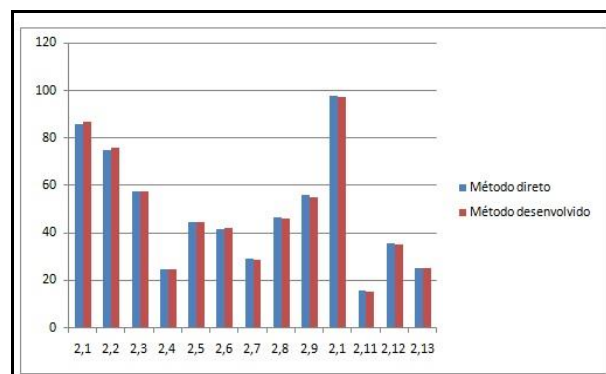


Figura 14: Variáveis do indivíduo na posição sentado.

As variáveis relacionadas à 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.

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 15 apresenta o gráfico com os resultados obtidos das variáveis da cabeça.

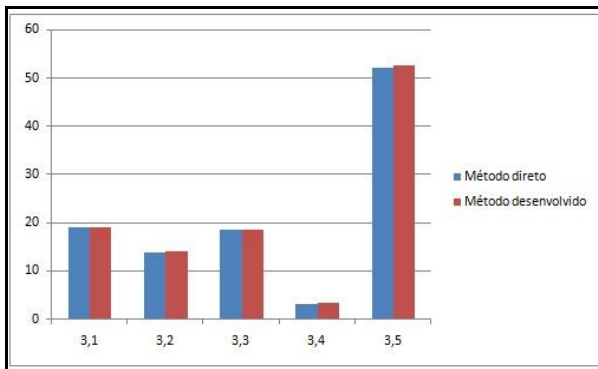


Figura 15: Variáveis da cabeça.

Através do gráfico da figura 15, 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 16 apresenta os resultados obtidos das variáveis da mão direita.

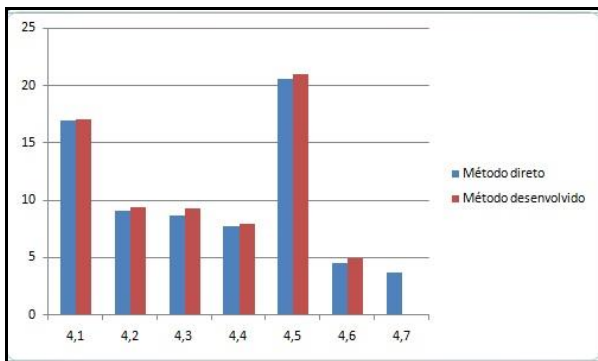


Figura 16: Variáveis da mão direita.

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 17 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.

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 seguem descritos no Quadro 01. Também, a comparação entre o número de instrumentos de medição necessários para a obtenção das medidas antropométricas em cada método respectivamente.

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.

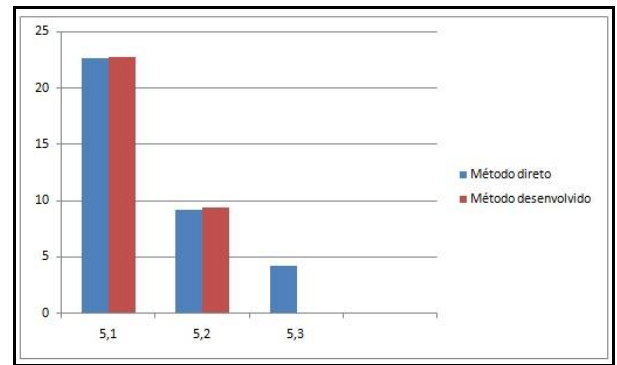


Figura 17: Variáveis do pé direito.

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.

Quadro 01: Comparação entre o método direto e o método desenvolvido no trabalho.

	MÉTODO DIRETO	PRESENTE PESQUISA
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 de modelagem)
Tempo total em coleta dos dados junto ao indivíduo para a	1 hora e 12 minutos	3 minutos e 28 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. 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 pode ser dividida 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, conforme a figura 18.

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.

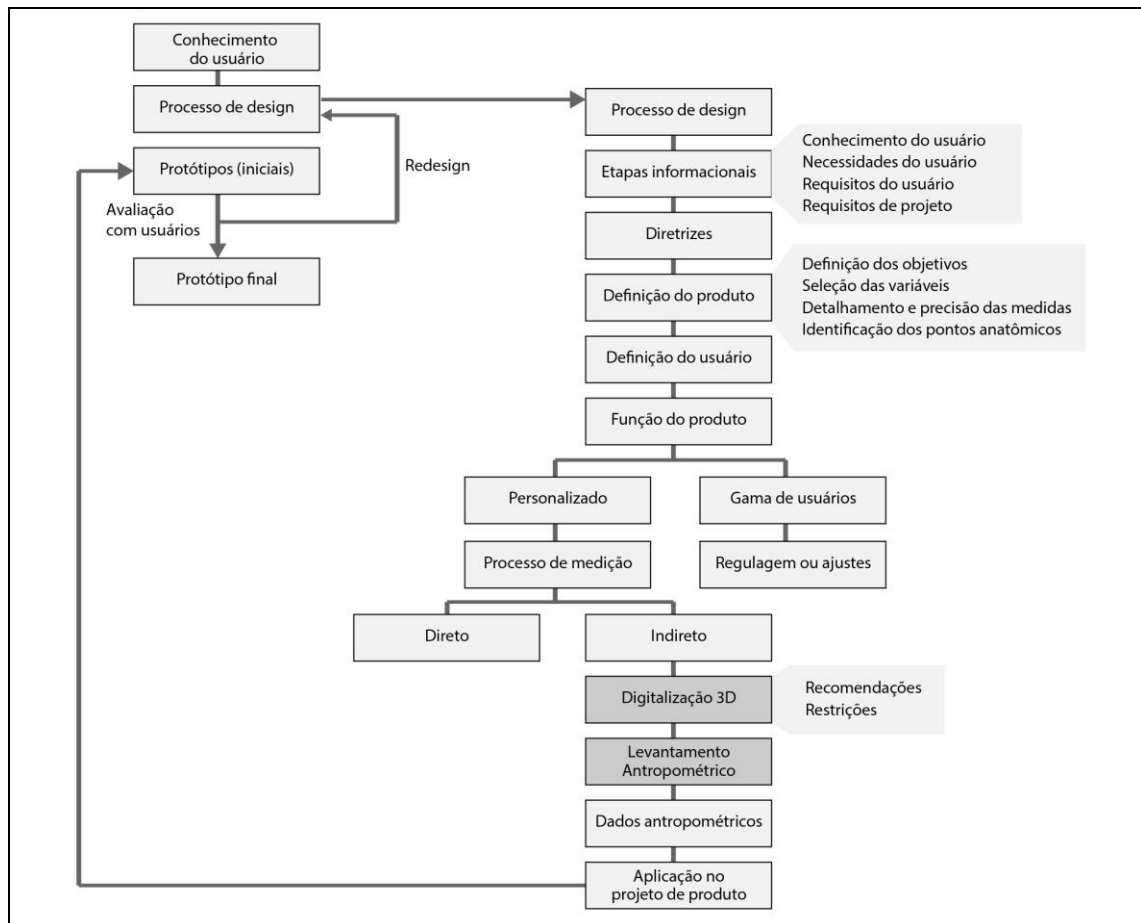


Figura 18: Fluxograma da análise do método desenvolvido na presente pesquisa e das diretrizes propostas.

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).

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

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

5.1.1 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 02.

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. CONCLUSÕES

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.

Esta pesquisa foi motivada a partir do desenvolvimento da 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.

Assim, a presente pesquisa contribui 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, foi evidenciada a necessidade de projetar produtos e equipamentos mais adequados às características antropométricas dos usuários.

Quadro 02: Diretrizes para auxiliar no uso do método desenvolvido no processo de Design.

	Diretrizes
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. <ul style="list-style-type: none"> 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.

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 foi 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. Os autores afirmam, ainda, que a digitalização tridimensional é uma técnica quem 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).

Portanto, 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.

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. O método proposto realiza as medições sem o contato físico com o indivíduo, possui baixo custo e permite à 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.

REFERÊNCIAS

- [1]. 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.
- [2]. 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.
- [3]. BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008.
- [4]. BARNES C. **Disabled people in Britain and discrimination: a case for anti-discrimination legislation**. London: Hurst e Co., 1994.
- [5]. 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).
- [6]. CLARKSON, J. Human capability and product design. In: SCHIFFERSTEIN, H.; HEKKERT, P. (Org.). **Product Experience**. Oxford: Elsevier, 2008.
- [7]. 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.
- [8]. 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.
- [9]. FILIPE, 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.
- [10]. FONSECA, L.; LIMA, C. Paralisia cerebral: neurologia, ortopedia, reabilitação. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- [11]. GREEN, W.; JORDAN, P. **Human factors in product design: current practice and future trends**. New York: CRC Press, 1999.
- [12]. 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: EFDportes.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.

- [13]. GONZALEZ, H. 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.
- [14]. HERSH, M.; JOHNSON, M. On modeling assistive technology systems part 1: modelling framework. **Technology and Disability**, v 30, n.3, p. 251-270, 2008.
- [15]. 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.
- [16]. HYPONEN H. **Handbook on inclusive design for telematics applications**. Helsinki: National Research and Development Centre for Welfare and Health 1999.
- [17]. 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.
- [18]. 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.
- [19]. IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005
- [20]. JOHNSTONE, D. **An introduction to disability studies**. 2. ed. London: David Fulton Publishers, 2001.
- [21]. 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.
- [22]. 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.
- [23]. 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.
- [24]. 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.
- [25]. LUXIMON, Y.; BALL, R.; JUSTICE, L. The 3D Chinese head and face modeling. **Computer-Aided Design**, v. 44, p. 40–47, 2012.
- [26]. 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.
- [27]. NAKANO, Y. Globalização, competitividade e novas regras de comércio mundial. **Revista de Economia Política**, v. 14, n. 94, p. 56, 1994.
- [28]. 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. 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).
- [29]. 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.
- [30]. PANERO, J.; ZELNIK, M. **Las dimensiones humanas en los espacios interiores**: estándares antropométricos. México: G. Gill, 2002.
- [31]. 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).
- [32]. 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).
- [33]. ROOZENBURG N.; EKELS J. **Product design**: fundamental and methods. Chichester: Wiley, 1995.
- [34]. 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.
- [35]. 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.
- [36]. SCHOENARDIE, R.; TEIXEIRA, C.; MERINO, E. Design e Antropometria: diferenciação estratégica. **Projética**, v. 2, n. 2, p. 31-42, 2011.
- [37]. SELL, I. **Projeto do trabalho humano**: melhorando as condições de trabalho. Florianópolis: UFSC, 2002.
- [38]. 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.
- [39]. 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)..
- [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.
- [41]. 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.
- [42]. ULRICH K.; EPPINGER S. **Product design and development**. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2008.
- [43]. 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.
- [44]. 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.