

EXPLORANDO NOVAS TECNOLOGIAS PARA A ANTROPOMETRIA SENTADA

EXPLORING NEW TECHNOLOGIES FOR SEATED ANTHROPOMETRY

*Isabella de Souza Sierra*¹

*Maria Lúcia Leite Ribeiro*²

Resumo

Devido à maior complexidade da obtenção de dados antropométricos digitais de indivíduos sentados, observa-se uma lacuna na literatura científica sobre isso. Assim, neste estudo investigaram-se estratégias para a coleta de dados dos sujeitos sentados por meio de escaneamento tridimensional. Foi proposto um método de coleta com o uso de um suporte transparente. Foi analisado o uso deste método com cinco sujeitos na posição sentada. Este estudo exploratório permitiu levantar as variáveis necessárias para os requisitos de projeto de um sistema de escaneamento digital sentado aplicável à antropometria digital e ao desenvolvimento de produtos adaptados.

Palavras-chave: Antropometria digital; Norma; Escâner 3D; Ergonomia.

Abstract

Due to the greater complexity of obtaining digital anthropometric data from seated individuals, there is a gap in the scientific literature about this. Thus, this study investigated strategies for collecting data from seated subjects through three-dimensional scanning. A scanning system was proposed with the use of a transparent support. The use of this system was analyzed with five subjects in the sitting position. This exploratory study made it possible to raise the necessary variables for the design requirements of a seated digital scanning system applicable to digital anthropometry and the development of adapted products.

Key-words: Digital anthropometry; Norm; 3D scan; Ergonomics.

¹ isabella.sierra@ufpr.br

² lucia.demec@ufpr.br

1 INTRODUÇÃO

Medidas antropométricas de qualidade são essenciais para o desenvolvimento de produtos ergonômicos e seguros para seus usuários (IIDA, 2005). A antropometria é uma área de estudo relacionada com a captura de dimensões, variáveis, morfologias e alcances corporais (PANERO; ZELNIK, 2002). A área vem ganhando um novo destaque, pois os avanços tecnológicos recentes, em especial as tecnologias de escaneamento tridimensional e as técnicas de modelagem tridimensional, permitem que essas medidas sejam usadas mais diretamente (VERWULGEN et al., 2018; BALLESTER et al. 2014) e que sejam realizadas de maneira mais rápida (BRENDLER; TEIXEIRA, 2016), precisa (ROODBANDI et al., 2017) e detalhada (LEE et al., 2015). Essa categoria de antropometria que é realizada usando o escaneamento tridimensional é chamada de antropometria digital (HEYMSFIELD et al., 2018).

A antropometria pode ser dividida entre estática e dinâmica. A estática refere-se à coleta das medidas corporais da pessoa em diversas posições estáticas, tradicionalmente nas posturas em pé e sentada, de maneira que possa ser utilizada para o dimensionamento e desenvolvimento de produtos. Já a antropometria dinâmica preocupa-se com os espaços utilizados, alcances e outros fatores que envolvem a movimentação do ser humano no espaço. Este trabalho preocupa-se com a antropometria digital estática (IIDA, 2005; PANERO; ZELNIK, 2002) coletada por meio de escaneamento tridimensional.

O escâner tridimensional é uma tecnologia de captura de formas tridimensionais reais e transformação dessas em uma malha digital tridimensional que pode ser medida e manipulada digitalmente para ser usada como base para a modelagem digital (MORAES et al., 2018). O seu funcionamento se dá por meio da emissão de luz – usualmente laser, infravermelha ou luz branca –, sobre uma superfície a ser escaneada para a interpretação da distância entre o objeto e o escâner (HEYMSFIELD et al., 2018). Cada uma dessas combinações, tipo de luz e método de interpretação, resulta em uma precisão diferente e também exige diferentes configurações do ambiente onde será feito o escaneamento.

O escaneamento resulta essencialmente em uma “foto” tirada em três dimensões e a partir da qual são retiradas as dimensões necessárias para o desenvolvimento dos produtos. Deste modo, para a realização da antropometria digital é necessária a visibilidade total do corpo no momento do escaneamento. Além disso, a qualidade do escaneamento é afetada por sombras, que causam buracos na malha, por objetos que ocultam o encontro da luz com o corpo da pessoa, pela movimentação involuntária dos participantes e pela variabilidade técnica do escâner, entre outros (SCHWARZ-MÜLLER; MARSHALL; SUMMERSKILL, 2018).

Ademais da capacidade técnica dos escâneres, eles também podem ser divididos em escâneres de alto custo e de baixo custo. Como regra geral os escâneres de alto custo são mais precisos. No entanto, com a evolução das tecnologias de digitalização, cada vez mais os escâneres de baixo custo vêm se mostrando confiáveis na realização de medidas antropométricas e são vantajosos, pois geralmente são mais facilmente adquiridos, transportados e utilizados (CUI, STRICKER e VISION, 2011; BRENDLER et al., 2016). O principal benefício deles é a acessibilidade (GLEASON et al., 2018; TARABINI et al., 2018).

Um exemplo de escâner de baixo custo é o Kinect – que utiliza luz infravermelha para a realização do escaneamento – que é barato, acessível e transportável (BRENDLER et al., 2016). Ele é amplamente utilizado em coletas antropométricas (GLEASON et al., 2018; TARABINI et al., 2018; VITALI; RIZZI, 2018). Este é o equipamento que será utilizado neste trabalho. Independentemente do escâner escolhido, os fatores que afetam a qualidade do escaneamento como sombras e oclusão de partes estão presentes em todas as coletas usando escâner.

É importante destacar que a norma ISO 20685:2010 propõe alterações nas posturas tradicionais de coleta de antropometria para ser possível a visualização do corpo inteiro da pessoa em pé (ISO 20685, 2010). Ela sugere um leve afastamento das pernas e dos braços para garantir o acesso do escâner a todos os contornos da pessoa. No entanto, a norma não se preocupa e não determina fatores para mitigação desses problemas para a coleta de antropometria digital sentada, que, ao ser realizada gera buracos na parte posterior do corpo pela dificuldade da visibilidade dessa parte que é ocultada pelo assento (RUDOLF et al., 2015; KOZAR et al., 2014).

Algumas soluções encontradas para esse problema são: a reconstrução direta dessas geometrias ocultadas (RUDOLF et al., 2015); a desconsideração das geometrias e utilização da altura da superfície do assento como base (CHOI e ASHDOWN, 2011); e o ajuste e dimensionamento de um manequim digital às medidas coletadas via escaneamento tridimensional obtendo um modelo com as medidas acuradas (TSOLI; LOPER; BLACK, 2014). Além de outras soluções como o caso de Lee et al. (2015) que construiu um sistema que permite o suporte de um lado do corpo enquanto o outro é escaneado e vice-versa para obtenção da geometria completa do corpo. Nenhuma dessas soluções é direta, todas exigem manipulação da malha escaneada após o escaneamento para ser possível fazer as medições. Assim, a justificativa para este estudo é a possibilidade de uma coleta direta, assim como é feita para a pessoa em pé.

As lacunas relacionadas à antropometria digital sentada se fazem ainda mais relevantes se considerado que populações de pessoas com deficiência motora fazem uso primariamente de medidas sentadas visto que são as posições que mais mantêm (BRENDLER; TEIXEIRA, 2016; SIMS et al., 2012; STEINFELD et al., 2010b). Ainda, para grande parte dessa população, além dos fatores já comentados, é necessário provimento de maior suporte do corpo na realização dos escaneamentos e criação de protocolos específicos (BRENDLER et al., 2016; HOBSON; MOLENBROEK, 1990).

Todas as alternativas encontradas para a antropometria digital sentada são afetadas pelo assento que oculta a geometria da parte posterior do corpo causando buracos que precisam ser reconstruídos. Isto posto, conjecturou-se a possibilidade de eliminar esse fator de maneira a obter a geometria completa do corpo da pessoa. Em estudos anteriores (SIERRA et al., 2020) foi verificada a possibilidade de escanear objetos através de superfícies transparentes de vidro e acrílico usando escâner de baixo custo por luz infravermelha, Kinect 360 (MICROSOFT, 2019). Uma evolução dessa situação foi utilizada para este artigo de maneira a verificar se essa solução poderia ser utilizada para o escaneamento de pessoas sentadas.

Sendo assim, neste trabalho apresenta-se um estudo preliminar utilizando equipamentos de baixo custo e prontamente disponíveis para a digitalização tridimensional de pessoas na posição sentada. Após a apresentação dos resultados do experimento discutem-se fatores para o melhoramento da configuração experimental e requisitos

de projeto de um sistema de escaneamento digital sentado aplicável à antropometria digital e ao desenvolvimento de produtos adaptados.

2 MÉTODO

Esta é uma pesquisa preliminar experimental e exploratória de abordagem quantitativa e qualitativa que objetiva avaliar a possibilidade do uso da configuração experimental proposta para a realização de antropometria digital sentada de pessoas por meio do escaneamento tridimensional.

Este experimento compõe o início de uma pesquisa de doutorado sendo preliminar até mesmo ao piloto da pesquisa. Por se tratar de um experimento preliminar todos os participantes eram os próprios pesquisadores associados à pesquisa sendo selecionados por conveniência. Os critérios de seleção foram a anuência textual dos participantes, presença no local da realização da pesquisa, sua maioria e seu papel na pesquisa como pesquisador.

A anuência à participação foi registrada em forma de texto e pela presença dos participantes no local e hora em que as coletas foram realizadas. As coletas ocorreram no início de março de 2020. Para preservar a identidade dos participantes estes foram associados a códigos de P1 a P5 e seus rostos foram ocultados nas imagens usadas nos resultados.

A configuração experimental proposta foi a seguinte, uso do escâner infravermelho Kinect 360 (MICROSOFT, 2019) para escaneamento dos participantes na posição sentada, com a utilização de dois softwares de captura Skanect (OCCIPITAL, 2019) e Refusion (2019). Foram utilizados dois softwares de maneira a verificar a influência dos softwares para o resultado. Para mitigar a existência de buracos nas partes do corpo encostadas no assento, como verificado em pesquisas anteriores, utilizou-se como assento uma cadeira em acrílico transparente (Figura 1).

Figura 1: Cadeira utilizada no experimento



FONTE: <https://www.kartell.com/BX/seating/louis-ghost/04852>.

Para o escaneamento, os participantes foram convidados a sentar na cadeira com os braços ao lado do corpo, afastados e apoiados no apoio de braços da cadeira. De modo a alcançar a parte inferior do corpo foi utilizado um tablado de madeira de 200 mm de altura para elevar a cadeira. Justifica-se essa decisão, pois a distância ideal de coleta do Kinect é de 550 mm (GUIDI; GONIZZI; MICOLI, 2016) e a altura do assento é de 485 mm, ou seja, menor do que o recomendado. Após o escaneamento as malhas obti-

das foram verificadas e limpas. Após limpas foram avaliadas usando a ferramenta MAP (*Mesh Analysis Protocol*) que é uma ferramenta que permite a atribuição de notas para malhas escaneadas (SIERRA, 2020).

A limpeza foi realizada com a ferramenta Meshmixer (AUTODESK, 2019) e consistiu na eliminação de geometrias desligadas do corpo e da eliminação de geometrias geradas pelo escaneamento da cadeira. Para não descaracterizar os erros encontrados na malha ela não foi alisada e os buracos encontrados não foram reconstruídos.

A avaliação da malha usando a ferramenta MAP (SIERRA, 2020) verificou a presença de erros de costura, buracos, objetos estranhos, movimentação do participante, e qualidade superficial, atribuindo conceitos em uma escala de 0 a 5, onde 0 corresponde a nenhum erro e 5 a 10 erros ou mais. Cada um desses erros recebeu um peso relativo à sua interferência para a qualidade final da malha referente ao objetivo desta pesquisa que foi a coleta da geometria completa dos participantes para a realização de antropometria. O cálculo (Eq. 1) realizado para a obtenção da qualidade das malhas foi o seguinte:

$$\frac{[75 - (\text{Costura} \times 1) + (\text{Buracos} \times 5) + (\text{Objetos} \times 1) + (\text{Movimento} \times 5) + (\text{Qualidade superficial} \times 3)] \times 100}{75}$$











(1)

Finalmente, em posse dessas notas foi aplicada uma nota de corte, de 40 pontos onde as malhas abaixo da nota deveriam ser descartadas. Após a atribuição das notas, foi feita a discussão acerca do experimento e propostas para a melhoria da configuração experimental, em especial em relação à cadeira utilizada. Como o objetivo da pesquisa era preliminar, não foram realizadas as medidas dos participantes, apenas foi avaliada a configuração experimental.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Participaram da pesquisa 5 pessoas, 3 homens e 2 mulheres com alturas variantes entre 180 cm e 150 cm, de modo a permitir uma alta variabilidade de características físicas. Os participantes foram escaneados duas vezes, cada uma com a utilização de um software de captura diferente. Em seguida as malhas foram avaliadas usando a ferramenta MAP e limpas como descrito no método. O resultado quantitativo das avaliações pode ser verificado no quadro 1. No quadro as alturas dos participantes estão normalizadas, ou seja, todas as figuras têm a mesma altura, para facilitar a visualização dos detalhes das malhas escaneadas.

Tabela 1: Malhas divididas por software e respectivas avaliações map

| | | Participantes | | | | |
|-----------|--|--|--|---|--|------|
| | | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
| Recfusion |  |  |  |  |  | |
| | | 80 | 57,3 | 68 | 57,3 | 58,6 |
| Skanect |  |  |  |  |  | |
| | MAP | 45,3 | 33,3 | 26,6 | 68 | 54,6 |

Fonte: Autores (2020).

Considerando o Quadro 1 e a nota de corte 40 determinada anteriormente, usando o software Skanect, caso o experimento fosse ser utilizado efetivamente para a antropometria, as malhas dos participantes P2 e P3, deveriam ser automaticamente descartadas, pois a quantidade de erros presentes invalidaria a qualidade das medidas obtidas.

Observa-se também melhor fechamento das malhas como o uso do software Recfusion do que com o software Skanect. No entanto, percebe-se que as malhas coletadas usando o Recfusion foram mais afetadas pela movimentação involuntária ou ajustes de posição dos participantes causando geometrias dos braços e pernas deformados.

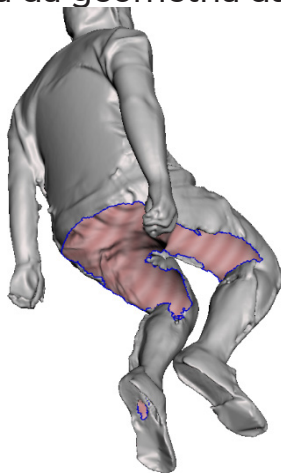
A variação das notas de qualidade foi grande e, apesar de as notas para o Recfusion serem quantitativamente maiores em quase todos os casos, dada a pequena amostra, não é possível ser feita uma extrapolação estatística acerca desses dados. Ainda assim, percebe-se, visualmente, a qualidade maior da malha para este software.

A seguir, discutem-se os fatores que afetaram a qualidade das malhas e indicam-

-se melhorias à configuração experimental de maneira que a coleta para a antropometria digital sentada seja mais adequada. Os principais influenciadores da qualidade das malhas foram a configuração experimental, que causou a geração de buracos excessivos e a falta de apoio para todos os membros do corpo, que causou problemas de movimentação.

Como pode-se perceber pelas costas dos participantes, o material acrílico transparente da cadeira não influenciou no resultado da coleta das geometrias. Por esse motivo conjectura-se que o problema da coleta das partes inferiores do corpo, como exemplificado na Figura 2, foi o acesso do infravermelho a elas visto que para escanear a geometria corretamente precisa-se de 550 mm de distância entre o escâner e o que está sendo escaneado. Isso foi uma questão considerada no método, com a adição do tablado para elevar a cadeira, mas que aparentemente não foi suficiente. Outro possível motivo para a causa desses buracos foi a sombra gerada pelo próprio participante visto que a iluminação do ambiente era feita por lâmpadas no teto deixando as partes inferiores do corpo pouco iluminadas.

Figura 2: Falha na coleta da geometria da parte inferior das coxas

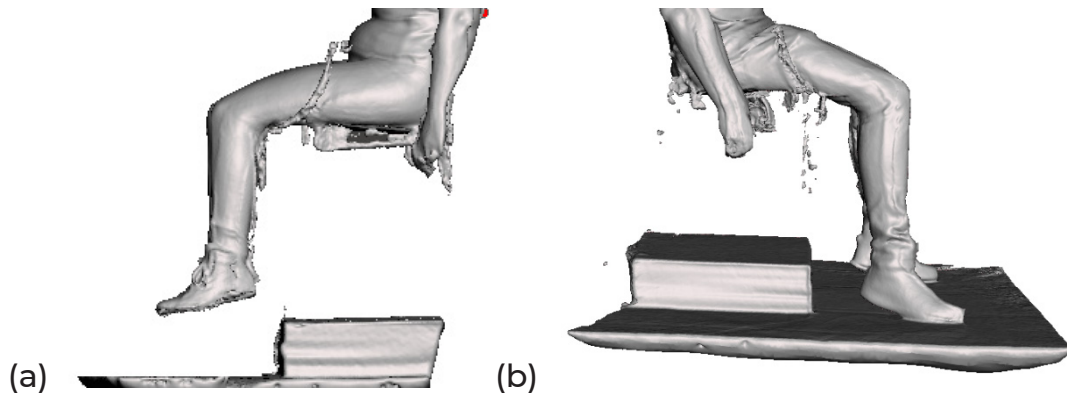


Fonte: Autores (2020).

De maneira a melhorar a coleta dessas partes inferiores sugere-se maior elevação da cadeira, com mais espaço para acesso e/ou a inclinação da cadeira em um ângulo de 45 graus e com uma iluminação global do sujeito, iluminando mais adequadamente a parte inferior do corpo. Se a cadeira for elevada, sugere-se que o pesquisador que irá realizar a digitalização verifique se conseguirá escanear a parte superior da cabeça dos participantes e caso seja necessário certifique-se de ter acesso a uma escada.

A movimentação foi um fator inesperado que causou mais problemas na qualidade da malha. Como a cadeira estava elevada, a maior parte dos participantes não tinham a possibilidade de suporte dos pés no chão (Figura - a) o que causou movimentações involuntárias. Apenas o participante mais alto P1 (Figura 3 - b) conseguiu encostar os pés no chão.

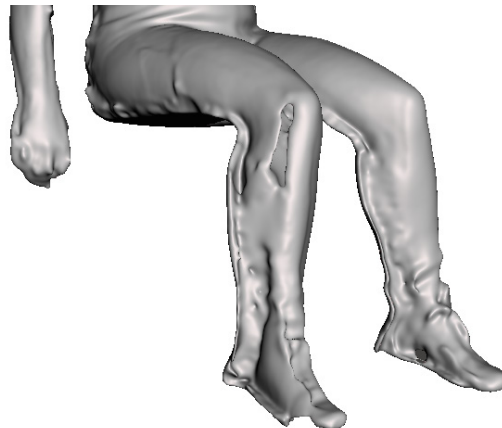
Figura 3: Posicionamento dos pés pensos e encostados no chão



Legenda: a) Plataforma elevada e pés suspensos; b) Plataforma elevada e pés encostados.
Fonte: Autores (2020).

O mesmo ocorreu com os braços que mesmo apoiados ao lado do corpo foram afetados por movimentações involuntárias. As movimentações são reconhecidas na malha pela criação de membros “fantasma” (Figura 4) ou pela deformação, ou pelo afinamento dos membros.

Figura 4: Problemas de movimentação



Fonte: Autores (2020).

Essa descoberta foi interessante, pois se acreditava que, por estar sentado sem fazer esforço físico, o participante seria capaz de manter os membros estáticos pelo período do escaneamento, o que não foi o caso. Isso indica para a necessidade de construção de suportes para os pés e mãos que sejam ajustáveis à altura dos participantes. Outra questão relacionada com a antropometria é que sem os suportes comentados as posições dos pés e joelhos não se mantêm a 90° como pode ser verificado na Figura 4.

Alguns problemas foram causados pela própria geometria da cadeira utilizada nos testes. O primeiro foi a transição das formas do corpo apoiadas pelo objeto transparente e as não apoiadas. As partes apoiadas apresentaram geometrias lisas e

bem detalhadas, já as partes sem contato direto com o assento e encosto acumularam geometrias provenientes das roupas e movimentação dos tecidos moles do corpo (Figura 5).

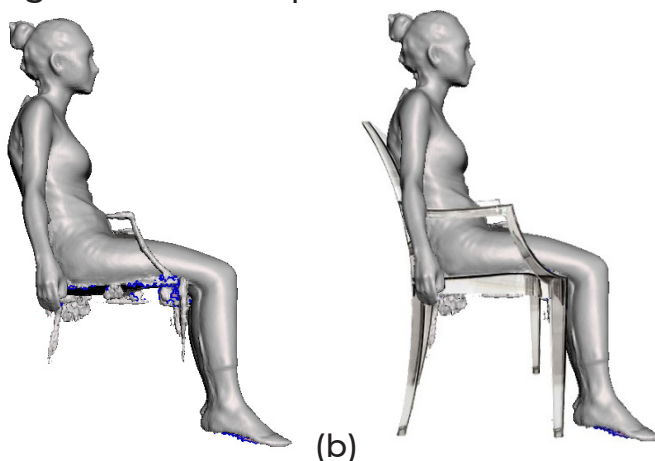
Figura 5: Problemas de transição das geometrias com e sem apoio



Fonte: Autores (2020).

Nesse caso se acredita que uma maior área de superfície transparente que possa suportar todo o corpo do participante gere geometrias mais listas e dimensionalmente fiéis. O outro fator afetado pela geometria do assento foi o tempo de limpeza da malha causado pela criação de geometrias “fantasma” referentes à sombra causada pela própria cadeira nela mesma, isso é melhor compreendido a partir da avaliação da Figura 6.

Figura 6: Efeito das geometrias complexas da cadeira na captura da malha



(a) (b)

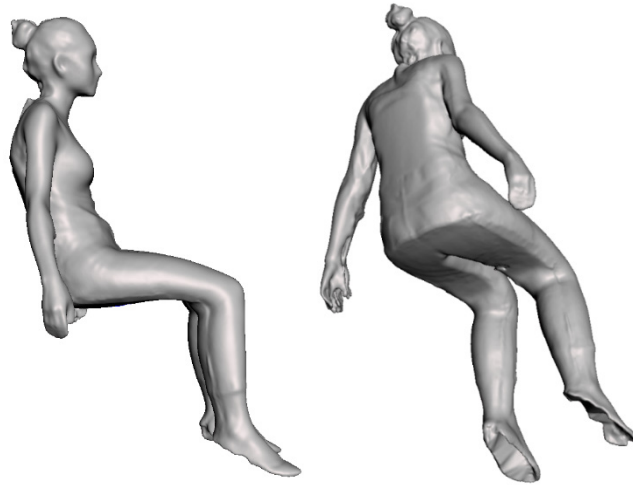
Legenda: a) Resultado da digitalização; b) Sobreposição da digitalização com fotografia da cadeira.
Fonte: Autores (2020).

Esse último erro, apesar de aumentar o tempo de limpeza da malha, não afetou a geometria dos participantes. No entanto, de modo a diminuir ainda mais esse problema, sugere-se que geometrias mais simples como um único plano ou poucas dobras amenizariam essa questão.

Ressalta-se finalmente que apesar de todos os erros encontrados, a maior parte das malhas obtidas puderam ser limpas e poderiam ser utilizadas para a antropometria

sentada. Um exemplo das geometrias limpas das quais poder-se-ia realizar a antropometria pode ser verificada na Figura 7.

Figura 7: Malha pronta para a realização de antropometria



Fonte: Autores (2020).

Esses resultados indicam a possibilidade de realização de antropometria digital sentada usando escâner de baixo custo com o uso de superfícies transparentes para suporte do corpo participante. No entanto, para que a experiência seja mais ágil e gere resultados melhores, sugere-se a avaliação das características do objeto transparente sendo utilizado, sendo inclusive possível a construção de um dispositivo transparente para este exato fim.

Para que esse dispositivo e toda a configuração experimental seja mais adequada é recomendável que o dispositivo tenha grandes áreas transparentes, geometria simples, maior acesso a todas as partes do corpo, suporte de pés, pernas, mãos e braços e que o ambiente esteja melhor iluminado em todos os sentidos e não apenas de cima para baixo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi apresentada uma nova maneira de realização de antropometria sentada utilizando novas tecnologias de escaneamento tridimensional de baixo custo que permitem a coleta do corpo inteiro dos participantes sem a necessidade de reconstrução da malha obtida. Isso foi apresentado por meio de um experimento que foi realizado com cinco participantes que foram digitalizados sentados em uma cadeira transparente de acrílico comercialmente acessível.

A utilização de uma ferramenta como a MAP neste trabalho para a análise das malhas permite que seja dada maior atenção para aquelas malhas que serão efetivamente utilizadas na pesquisa. Deste modo recomenda-se que sejam utilizadas ferramentas de avaliação, ou pelo menos um protocolo de avaliação das malhas, antes da efetiva limpeza, para que o tempo dos pesquisadores seja otimizado.

Com o experimento encontraram-se resultados positivos como a possibilidade da coleta de corpo inteiro dos participantes em uma configuração experimental simples e usando equipamentos de baixo custo, o que indica que podem ser largamente

utilizados. No entanto, sugere-se que para melhores resultados sejam feitas algumas alterações no ambiente e no assento utilizado para escaneamento, como maior suporte do corpo, maiores áreas transparentes e melhor iluminação no ambiente. Essas sugestões são pautadas pela análise dos erros encontrados nos experimentos realizados.

As indicações deste trabalho podem ser utilizadas também na antropometria digital de pessoas em pé. O provimento de maiores suportes para o corpo dos participantes, usando materiais transparentes, e a melhor iluminação dos ambientes, podem aprimorar os resultados obtidos mesmo na antropometria em pé diminuindo a quantidade de erros encontrados.

Para trabalhos futuros sugere-se a construção e a utilização dos suportes supra-mencionados e a efetiva digitalização e mensuração dos participantes para verificação da eficácia e eficiência desse novo sistema proposto.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AUTODESK. Meshmixer 3.5. Disponível em: www.meshmixer.com/. Acesso em: 06 jan. 2020.

BALLESTER, A.; PARRILLA, E.; URIEL, J.; PIEROLA, A.; ALEMANY, S.; NACHER, B.; GONZALEZ, J.; GONZALEZ, J. C., 3D-based resources fostering the analysis, use, and exploitation of available body anthropometric data. In: 5th 3D BODY.TECH. 2014. Anais do 5th International Conference on 3D Body Scanning Technologies, Lugano, p. 237-247.

BRENDLER, C. F.; MÜLLER, M. S.; SILVA, F. P.; TEIXEIRA F. G. Uso da digitalização 3D do corpo humano para desenvolvimento de produtos personalizados: Análise comparativa entre os escâneres Artec EVA e o Kinect. *Estudos em Design*, v. 24, n. 2, p. 24-43, 2016.

BRENDLER, C. F.; TEIXEIRA, F. G. T. Método para Obtenção de Medidas Antropométricas Utilizando um Digitalizador 3D de Baixo Custo 3D escâner. *Design & Tecnologia*, Porto Alegre, v. 6, n. 11, p. 53-67, 2016.

CHOI, S.; ASHDOWN, S. P. 3D body scan analysis of dimensional change in lower body measurements for active body positions. *Textile Research Journal*, v. 81, n. 1, p. 81-93, 2011.

CUI, Y.; STRICKER, D.; VISION, A. 3D Body Scanning with One Kinect. In: 3th 3D BODY.TECH. 2011. Anais do 3th International Conference on 3D Body Scanning Technologies, Lugano, p. 121-129.

GLEASON, R. L.; YIGEREMU, M.; DEBEBE, T.; TEKLU, S.; ZEWDENEH, D.; WEILER, M.;

FRANK, N.; TOLENTINO, L.; ATTIA, S.; DIXON, B.; KWON, C.; POKUTTA-PASKALEVA, A.; GLEASON, K. A. A safe, low-cost, easy-to-use 3D camera platform to assess risk of obstructed labor due to cephalopelvic disproportion. *PLoS one*, v. 13, n. 9, 2018.

GUIDI, G.; GONIZZI, S.; MICOLI L. 3D capturing performances of low-cost range sensors for mass-market applications. In: XXIII ISPRS CONGRESS. 2016. Anais do XXIII International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Praga, p. 33-40.

HEYMSFIELD, S. B.; BOURGEOIS, B.; NG, B. K.; SOMMER, M. J.; LI, X.; SHEPHERD, J. A. Digital anthropometry: a critical review. *European journal of clinical nutrition*, v. 72, n. 5, p. 680-687, 2018.

HOBSON, D. A.; MOLENBROEK, J. F. M. 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.

IIDA, I. *Ergonomia projeto e produção*. São Paulo: Edgar Blucher, 2005.

ISO 20685. Ergonomics - 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases - Part 1: Evaluation protocol for body dimensions extracted from 3-D body scans. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. 2010.

KOZAR, Tatjana et al. Designing an adaptive 3D body model suitable for people with limited body abilities. *Journal of textile science & engineering*, v. 4, n. 5, p. 1, 2014.

LEE, W.; LEE, B.; KIM, S.; JUNG, H.; JEON, E.; CHOI, T.; YOU, H. 3D scan to product design: Methods, techniques, and cases. In: 6th 3D BODY.TECH. 2015. Anais do 6th International Conference on 3D Body Scanning Technologies, Lugano, p. 1-7.

MICROSOFT. Kinect 360. Disponível em: www.support.xbox.com/pt-BR/browse/xbox-360. Acesso em: 05 set. 2019.

MORAES, G. G.; CATECATI, T.; MERINO, G. S. A. D.; MERINO, E. A. D.; FERREIRA, M. G. G. *Processos Produtivos de AFO nas Oficinas Ortopédicas do SUS: Implantação da indústria 4.0 – uma revisão*. In: PASCHOARELLI, L.C.; MEDOLA, F.O. (Org.) *Tecnologia Assistiva: estudos teóricos*. Bauru: Canal 6 Editora, 2018, p. 169-194.

PANERO, J.; ZELNIK, M., *Dimensionamento humano para espaços interiores: Um livro de consulta e referência para projetos*. Barcelona: Editora Gustavo Gili, S.A., 2002.

RECFUSION. RecFusion 1.4.6. Disponível em: www.refusion.net/index.php/en/. Acesso em: 05 set. 2019.

ROODBANDI, A. S. J.; NADERI, H.; HASHENMI-NEJAD, N.; CHOOBINEH, A.; BANESHI, M. R.; FEYZI, V. Technical report on the modification of 3-dimensional non-contact human

body laser scanner for the measurement of anthropometric dimensions: Verification of its accuracy and precision. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, v. 8, n. 1, p. 22–28, 2017.

RUDOLF, Andreja et al. Study regarding the virtual prototyping of garments for paraplegics. *Fibers and Polymers*, v. 16, n. 5, p. 1177-1192, 2015.

SCHWARZ-MÜLLER, F.; MARSHALL, R.; SUMMERSKILL, S. Development of a positioning aid to reduce postural variability and errors in 3D whole body scan measurements. *Applied Ergonomics*, v. 68, n. November 2017, p. 90–100, 2018.

SIERRA et al. Escaneo tridimensional de objetos a través de materiales transparentes. *RECyT*, Argentina, v. 22, n. 34, p. 34-44, 2020.

SIERRA, I.S. Antropometria digital para pessoas com deficiência motora. Em desenvolvimento. Tese (Doutorado em Design) – Programa de Pós Graduação em design – UFPR, Curitiba.

SIMS, R. E.; MARSHALL, R.; GYI, D. E.; SUMMERSKILL, S. J.; CASE, K. Collection of anthropometry from older and physically impaired persons: Traditional methods versus TC23-D body scanner. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 42, n. 1, p. 65–72, 2012.

STEINFELD, E.; MAISEL, J.; FEATHERS, D.; D’SOUZA, C. Anthropometry of Wheeled Mobility Project. 2010b. Disponível em: www.udeworld.com/documents/anthropometry/pdfs/AnthropometryofWheeled_MobilityProject_FinalReport.pdf. Acesso em: 05 mai. 2018.

OCCIPITAL. Skanect. Disponível em: www.skanect.occipital.com. Acesso em: 10 nov. 2019.

TARABINI, M.; MARCHISOTTI, D.; SALA, R.; MARZAROLI, P.; GIBERTI, H.; SCULATI, M. A prototype for the automatic measurement of the hand dimensions using the Microsoft Kinect V2. In: 13th MeMeA. 2018. Anais do 13th International Symposium on Medical Measurements and Applications, Roma, p. 1-6.

TSOLI, A.; LOPER, M.; BLACK, M. J. Model-based anthropometry: Predicting measurements from 3D human scans in multiple poses. In: IEEE Computer Society. 2014. Anais do IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision. Nova Jersey, p. 83–90.

VERWULGEN, S.; LACKO, D.; VLEUGELS, J.; VAES, K.; DANCKAERS, F.; DE BRUYNE, G.; HUYSMANS, T. A new data structure and workflow for using 3D anthropometry in the design of wearable products. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 64, p. 108-117, 2018.

VITALI, A.; RIZZI, C. Acquisition of customer’s tailor measurements for 3D clothing design using virtual reality devices. *Virtual and Physical Prototyping*, v. 13, n. 3, p. 131-145, 2018.ref