

SISTEMA ADap PARA PLANEJAMENTO, REGISTRO E
AVALIAÇÃO DA ANTROPOMETRIA DIGITAL DE PESSOAS
COM DEFICIÊNCIA MOTORA

ADap SYSTEM FOR PLANNING, RECORDING AND
EVALUATING DIGITAL ANTHROPOMETRY OF PEOPLE
WITH MOTOR DISABILITIES

*Isabella de Souza Sierra*¹
*Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto*²
*Márcio Fontana Catapan*³

Resumo: A antropometria digital é cada vez mais prevalente, pois é mais rápida, captura a morfologia com as dimensões e gera modelos humanos digitais que se adequam ao processo de desenvolvimento de produto corrente. Contudo, o seu planejamento é bastante complexo, principalmente quando envolve pessoas com necessidades particulares, como é o caso daquelas com deficiência motora. Assim, o objetivo deste estudo foi a proposição de uma solução para a antropometria digital desse público, que possibilitasse o desenvolvimento de produtos adaptados. Esta foi realizada usando o método Design Science Research com a identificação de requisitos e, em seguida, desenvolvimento e aprimoramento por meio do design iterativo, pautado na opinião de especialistas. Como resultado, obteve-se um sistema online semiautomático, denominado ADap, que permite o planejamento, registro e avaliação da antropometria digital customizada e individualizada para cada participante.

Palavras-chave: antropometria digital, deficiência motora, design iterativo

Abstract: Digital anthropometry is increasingly prevalent as it is faster, captures morphology along with dimensions, and generates digital human models that suit current product design processes. However, its planning is quite complex, especially when it involves people with particular needs, such as those with motor disabilities. Thus, the objective of this study was to

¹ Universidade Federal do Paraná (Programa de Pós-Graduação em Design).
isabella.sierra@ufpr.br

² Universidade Federal do Paraná (Programa de Pós-Graduação em Design).
lucia.demec@ufpr.br

³ Universidade Federal do Paraná (Programa de Pós-Graduação em Design).
marciocatapan@ufpr.br

propose a solution for the digital anthropometry of this audience, which would enable the development of adapted products. This was carried out using the Design Science Research method with requirements identification and then development and improvement through iterative design, based on expert opinion. As a result, a semi-automated online system was obtained, called ADap, which allows the planning, recording and evaluation of customized and individualized digital anthropometry for each participant.

Keywords: digital anthropometry, motor disability, iterative design.

1 Introdução

A antropometria digital, ramo da antropometria realizada a partir de modelos humanos digitalizados em 3D, vem se tornando cada vez mais prevalente (HEYMSFIELD *et al.*, 2018). Isso se dá porque, além da realização da antropometria tradicional com medidas lineares e de perímetro, desses modelos digitais, conjuntamente, é possível obter-se a morfologia corporal. Esse modelo pode ser manipulado e se encaixa nos processos de desenvolvimento de produto, cada vez mais correntes, que recorrem à modelagem 3D e fabricação rápida (YU; KIM, 2020; BRENDLER; TEIXEIRA, 2016).

Para a sua adequada obtenção, existem três componentes a serem considerados: o funcionamento do escâner que precisa conseguir digitalizar todo o corpo da pessoa; a norma ISO 20685-1 (2018) que formaliza o processo de antropometria digital; e a capacidade do participante em aderir às necessidades do digitalizador e da norma. Esses três nem sempre são concordantes. Por exemplo, norma prevê a adoção de poses padrão para a digitalização; dentre elas a principal é aquela onde o indivíduo se encontra em pé com braços e pernas encostados no corpo. No entanto, para que o digitalizador possa captar toda a pessoa, necessita que os membros estejam afastados do corpo. Senão haverá uma fusão entre as geometrias dos membros (BRENDLER; TEIXEIRA, 2016). Esses componentes possuem especificidades a serem atendidas para que a antropometria seja um sucesso. Encontra-se, assim, um contexto complexo que precisa ser gerenciado de modo que todas as necessidades sejam satisfeitas.

A complexidade aumenta quando se considera a participação de pessoas com deficiência, pois essas têm necessidades particulares e, muitas vezes, conflitantes entre si, que precisam ser coordenadas para serem inseridas no processo. A importância da antropometria desse público se dá pela sua necessidade frequente de produtos adaptados, para a melhoria da sua qualidade de vida, conhecidos como produtos de Tecnologia Assistiva. As dificuldades na execução desses estudos geram uma lacuna nesta área da ciência (SHCHERBINA *et al.*, 2021; SCHWARZ-MÜLLER; MARSHALL;

SUMMERSKILL, 2018; GILL; HAYES; PARKER, 2016; BRENDLER; TEIXEIRA, 2016; KAKLANIS; STAVROPOULOS; TZOVARAS, 2015; STEINFELD *et al.*, 2010).

Esses problemas comentados e a inexistência de sistema de gestão nesta área justificam a necessidade de uma solução para a realização de antropometria digital de pessoas com deficiência motora (GILL; HAYES; PARKER, 2016; KAKLANIS; STAVROPOULOS; TZOVARAS, 2015). Portanto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma solução padronizada para a coleta de antropometria digital de pessoas com deficiência motora, que possibilite o desenvolvimento de produtos adaptados.

A solução desenvolvida como resposta para este objetivo, chamado de Sistema ADap: antropometria digital para pessoas com deficiência motora, é parte de uma tese de doutorado em que todos os elementos do sistema foram desenvolvidos e testados. Neste recorte, é apresentado o desenvolvimento e aprimoramento do sistema digital semiautomático de gerenciamento da realização da antropometria digital.

2 Antropometria digital

A antropometria, é a base para o desenvolvimento de projetos adequados, visto os dados coletados podem ser utilizados para o correto dimensionamento e organização formal dos objetos. As dimensões compiladas podem ser utilizadas de duas maneiras principais: com a criação de tabelas de medidas organizadas em percentis de dimensões generalizadas; e, a partir do uso direto das medidas e morfologias de um indivíduo, na construção de produtos customizados e individualizados. Para esses dois casos a coleta adequada e completa das dimensões resultam em dados mais confiáveis e corretos (STEINFELD *et al.*, 2010a; PHEASANT, 2003).

Um dos métodos predominantes de coleta de medidas antropométricas, hoje, é a antropometria digital, que consiste na medição de malhas tridimensionais obtidas via tecnologias de digitalização 3D. Essa técnica é mais rápida e não invasiva. Ademais, permite a repetibilidade das medidas e, também, a coleta de outras sem a necessidade de nova interação com a pessoa digitalizada. Além disso, outro benefício é a aquisição da morfologia corporal, permitindo uma compreensão global do indivíduo, bem como seu uso em produtos que seguem perfeitamente o contorno do usuário. (RUMBO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2021; YU; KIM, 2020; HEYMSFIELD *et al.*, 2018). Um exemplo da importância da compreensão global pode ser verificado na Figura 1 onde é apresentada a sobreposição da morfologia de duas pessoas com a mesma dimensão de altura dos olhos e comprimento nádegas-joelho (ROBINETTE, 2013).

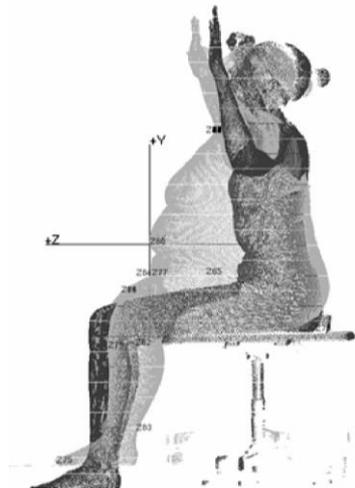


Figura 1 - Comparativo de morfologias corporais. Fonte: Robinette (2013, p. 11).

Para a obtenção dessas morfologias são utilizados equipamentos, escâneres 3D, que, por meio da emissão de feixes luminosos como laser, infravermelho ou luz branca, interpretam as geometrias e geram uma malha digital. Isso é chamado de escaneamento 3D. O resultado é uma malha com as mesmas dimensões, e posição da pessoa no momento da digitalização. Sendo essencialmente uma foto tridimensional. (MARSHALL; SUMMERSKILL, 2019; HEYMSFIELD *et al.*, 2018).

2.1 Planejamento da antropometria digital

A preparação e a realização da antropometria digital consistem no planejamento da antropometria somado ao planejamento do momento do escaneamento, considerando as restrições de uso dos escâneres 3D. Este é bastante complexo, pois envolve a gestão das características do estudo em execução e/ou produto sendo desenvolvido; das necessidades e capacidades dos participantes; e os requisitos de uso do escâner.

Este utiliza a ISO 20685-1 (2018) que normatiza as digitalizações de modo a diminuir os erros nas medidas obtidas. Ele envolve: a seleção e validação do escâner; a definição das posições em que serão digitalizados os participantes; seu treinamento; o uso de roupas apropriadas; a marcação de pontos anatômicos –usados posteriormente para a coleta das medidas–; a digitalização; o processamento e análise dos dados obtidos; e o registro e salvamento dos arquivos. Considerando as pessoas com deficiência motora, essas etapas de planejamento precisam ser individualizadas ou customizadas de acordo com suas características (KAKLANIS, STAVROPOULOS, TZOVARAS, 2015; BRADTMILLER, 2000). Por isso, se torna mais desafiador e acaba não ocorrendo com a de públicos tradicionais (STEINFELD *et al.*, 2010).

O escâner influencia no tempo e parâmetros do ambiente para a digitalização (MARSHALL; SUMMERSKILL, 2019). As poses selecionadas influenciam na capacidade de participação das pessoas e, também, na qualidade e completude da malha obtida (KLEPSEK *et al.*, 2020; PHEASANT, 2003). As roupas utilizadas precisam ser ajustadas ao corpo e com cores, reconhecidas pelo escâner selecionado (BARBOZA *et al.*, 2018). Os pontos anatômicos precisam corresponder com o método de interpretação reconhecido pelo software de medição, por meio de cor ou relevo (KOUCHI; MOCHIMARU, 2011). Todas essas decisões influenciam na confiabilidade das pesquisas, portanto, precisam ser registradas permitindo a repetibilidade das pesquisas (ISO 20685-1, 2018; ROODBANDI *et al.*, 2017).

Na sequência da digitalização, os dados são processados, corrigidos e analisados, finalizando a realização da antropometria digital (HEYMSFIELD *et al.*, 2018). Por fim, esses dados coletados podem ser utilizados para o desenvolvimento de produtos adaptados (DESBOIS *et al.*, 2020). Esse processo também deve ser registrado e avaliado de modo a permitir acompanhamento das adaptações e melhoria dos produtos (HONG *et al.*, 2018; KAKLANIS; STAVROPOULOS; TZOVARAS, 2015).

3 Método

O método usado para a estruturação da pesquisa é o *Design Science Research* (DSR) (SANTOS, 2018) que trata da solução de problemas de pesquisa por meio do desenvolvimento de artefatos. Dividiu-se o trabalho em três fases: exploração, proposição e avaliação e cada uma em etapas (Figura 2). A perspectiva epistemológica adotada é fenomenológica usando uma lógica abdutiva, com natureza aplicada com abordagem qualitativa (MARCONI; LAKATOS, 2004).



Figura 2 - Visão geral do método. Fonte: dos autores.

Na primeira fase, de Exploração, identificou-se o problema da pesquisa que consiste na necessidade de planejamento e registro individualizado da antropometria

digital de pessoas com deficiência motora. Essa etapa foi brevemente apresentada no referencial teórico deste artigo. Na segunda etapa, de Experimentação, foi realizado um experimento onde foi feita a antropometria digital de um pequeno grupo de pessoas de modo a levantar as necessidades relacionadas ao processo, ao planejamento e ao seu registro. Essa fase pautou a definição dos requisitos que compõem a primeira etapa da segunda fase. Neste artigo, são apresentados os requisitos advindos deste experimento apresentado em Sierra e Okimoto (2021).

Na fase de Proposição, os requisitos identificados foram listados e traduzidos em uma proposta de solução. O que consistiu no mapeamento do processo de realização da antropometria digital, chamado de protocolo, e, em seguida, na concretização deste em um sistema de preenchimento. Essa solução desenvolvida foi avaliada e aprimorada na próxima fase, a qual é a de Avaliação. Por fim, foi realizada a discussão acerca dos resultados obtidos, generalizando este conhecimento para os demais problemas similares a área de pesquisa, assim como previsto pelo método DSR (SANTOS, 2018).

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Paraná sob o Parecer Consubstanciado 4.442.734. A participação das atividades se deu de maneira voluntária e a seleção dos participantes foi realizada por conveniência. Foram seguidos todos os princípios éticos e a leitura e assinatura dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido previamente à realização.

Na sequência, são detalhadas as etapas da pesquisa que consistem no desenvolvimento de um sistema de planejamento e registro para realização da antropometria digital de pessoas com deficiência.

3.1 Listagem de requisitos

A listagem dos requisitos consistiu na alocação das lacunas e necessidades identificadas em requisitos técnicos, dividindo-os em funcionais, estéticos e ergonômicos e em requisitos dos usuários em biológicos, psíquicos e sociais. Essa ordenação é baseada em Medeiros (2012). Os requisitos identificam a necessidade da criação de um protocolo para a realização das atividades e de um método de planejamento e registro dos resultados obtidos.

3.2 Proposta de solução

Para o desenvolvimento da solução iniciou-se com o mapeamento do processo usando notações de fluxograma setorial como quadros, losangos, ícones de documento e setas

(HARRINGTON, 1991). E, em seguida, desenvolveu-se um método de apresentação desses componentes que pudesse ser utilizado para o planejamento de registro das atividades. Essa versão desenvolvida foi, então, apresentada para especialistas de modo que pudesse ser avaliada e aprimorada.

3.3 Avaliação e aprimoramento do sistema

Para a avaliação e aprimoramento da solução foi utilizado o método de design iterativo por meio da aplicação da ferramenta de passo a passo cognitivo (JORDAN, 2002). Participaram desta avaliação 5 especialistas que realizaram as avaliações de maneira consecutiva. As atividades ocorreram na seguinte ordem: em primeiro lugar, o sistema desenvolvido foi apresentado para um especialista, para ele simular a sua utilização via a descrição das etapas que iria realizar, usando a ferramenta de passo a passo cognitivo. Em seguida, este especialista foi questionado sobre o conteúdo, o formato e a funcionalidade do sistema. Em posse desses dados foi feita a primeira alteração do sistema. Essa nova versão foi, então, apresentada para um segundo especialista. Este, por sua vez, realizou a mesma atividade de passo a passo cognitivo e, na sequência, foi questionado sobre o conteúdo, o formato e a funcionalidade do sistema. Também, as alterações sugeridas na avaliação anterior foram apresentadas a ele, para questionar quanto à sua concordância ou não. Em posse desses dados o sistema foi alterado novamente e iniciou-se o processo com outro especialista. Isso foi realizado cinco vezes, uma para cada especialista.

Adotou-se como critério de inclusão dos participantes: ser maior de 18 anos, especialista comprovado na(s) área(s) de estudo e ter acesso à internet e equipamentos para videoconferência. Como critérios de exclusão determinou-se que não participariam se não tivessem disponibilidade nas datas determinadas e/ou que possuísem conflito de interesse na área de pesquisa. A avaliação foi realizada por videoconferência. Para o resguardo das identidades dos especialistas, eles são identificados por pronomes masculinos, independentemente de sua identidade, e pela ordem em que realizaram a avaliação, por exemplo, “o participante 3”.

4 Requisitos de desenvolvimento do sistema

Considerando o desenvolvimento do sistema para a realização de antropometria digital de pessoas com deficiência motora, foram identificados os seguintes requisitos:

Requisitos funcionais:

- Permitir o planejamento individualizado: relativo às necessidades individuais e conflitantes entre as pessoas com deficiência;
- Oferecer uma visão geral do processo: de modo a facilitar o planejamento e revisão das atividades realizadas;
- Apresentar pré-requisitos para o uso: demonstrar quais as condições de utilização do sistema;
- Apresentar as possíveis saídas do protocolo: demonstrar quais os resultados possíveis com o uso do sistema;
- Identificar materiais e atividades necessários para cada fase: representação das atividades e indicação de ferramentas necessárias para cada uma;
- Apresentar instruções para as atividades: permitir o uso por usuários iniciantes;
- Padronizar as atividades: para permitir a comparação entre participantes;
- Permitir o registro contextual do indivíduo: considerando o público, permitir o registro de suas capacidades, habilidades e tecnologias assistivas;
- Ser transportável: permitir a utilização na localidade de melhor acesso aos participantes e em mais de uma localidade conforme a atividade;
- Ser reproduzível: poder ser utilizado novamente para cada participante;
- Ser acessível: ter fácil utilização;
- Permitir alterações durante o uso: ser flexível para acomodar necessidades e alterações durante a sua realização.

Requisitos estéticos:

- Apresentar guias visuais padronizados e claros: identificar as atividades, responsabilidades e métodos de preenchimento por meio de padrões visuais;
- Permitir registro visual das atividades realizadas.

Requisitos ergonômicos:

- Identificar os responsáveis por cada fase e atividade;
- Permitir rápido aprendizado;
- Ser eficiente, eficaz, satisfatório e seguro.

Também foram elencados os requisitos das necessidades dos usuários, divididos nos componentes biopsicossociais, como proposto pela CIF (OMS, 2013).

Requisitos biológicos:

- Receber informações verbais e visuais claras;
- Identificar rapidamente suas atividades e responsabilidades;
- Certeza das informações;

- Baixa carga cognitiva por atividade;
- Rápida aprendizagem e fácil compreensão e reprodução das atividades.

Requisitos psicológicos:

- Permitir alterações de acordo com necessidades particulares;
- Ter conclusão satisfatória.

Requisitos sociais:

- Não se opor aos valores ético-morais dos participantes;
- Oferecer um ambiente apropriado para a realização das atividades.

Ademais, foram identificadas outras necessidades referentes à antropometria digital, como a padronização das atividades e a customização do processo.

5 Desenvolvimento do sistema

Inicialmente, foi desenvolvido um protocolo onde foram mapeadas todas as atividades que envolvem a antropometria digital, que compreendem da identificação de uma necessidade até a entrega de um produto individualizado. As atividades foram faseadas em necessidade, planejamento, digitalização, processamento, aplicação e avaliação (Figura 3). Identificaram-se também três grupos de usuários: pessoas com deficiência motora, chamadas de “PcDM”; responsáveis pela antropometria digital, chamados de “pesquisador” e profissionais da área da saúde chamados de “saúde”. E para cada um deles deu-se uma cor: verde para PcDM, azul para pesquisador e roxo para clínico, indicando a responsabilidade de cada grupo de usuários pela realização da atividade. A cor cinza foi utilizada para a identificação de ferramentas.

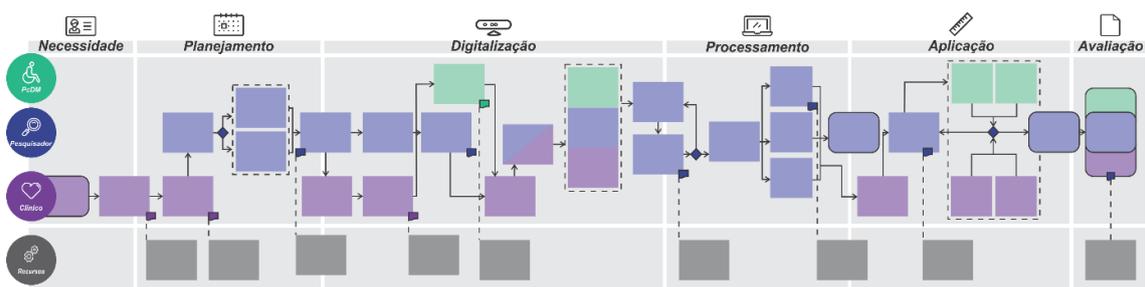


Figura 3 - Configuração do protocolo. Fonte: dos autores

Usando esse protocolo como base, sugeriu-se um sistema de registro e planejamento dessas atividades. O sistema inicial consistia na impressão e preenchimento manual de cada uma das atividades. Em posse do protocolo e sistema, iniciou-se a etapa de design iterativo para sua avaliação e aprimoramento.

5.1 Design iterativo do sistema

Os participantes especialistas dessa etapa consistiram em: três especialistas em digitalização 3D e desenvolvimento de TA, sendo que deles, dois na área de produtos e um, na área de moda; e dois na área da saúde, um fisioterapeuta e um terapeuta ocupacional. Todos possuíam conhecimentos, mesmo que básicos, em todas as áreas descritas pelo protocolo. Na simulação do uso via a ferramenta de passo a passo cognitivo, descreveu-se um participante fictício com deficiência motora para que o sistema pudesse ser utilizado para a sua antropometria digital.

Todas as dúvidas que estavam fora do conhecimento dos participantes foram sanadas pelos aplicadores da ferramenta. Os resultados da aplicação da ferramenta, junto aos cinco participantes especialistas, e de seus questionamentos sobre conteúdo, formato e funcionalidade, foram utilizados nas alterações para as aplicações seguintes. Um resumo desses resultados e alterações pode ser verificado na Figura 4.

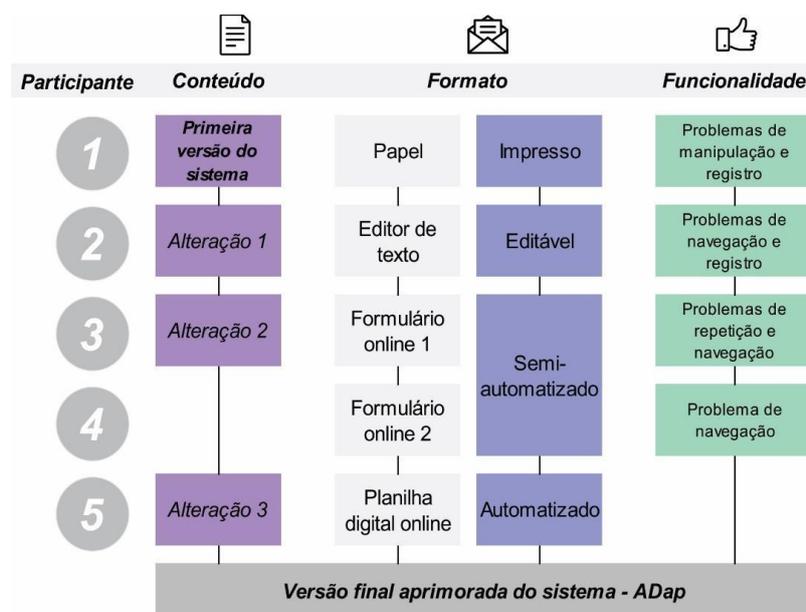


Figura 4 - Resumo das avaliações. Fonte: dos autores.

Como não foi encontrada divergência de opiniões, as alterações realizadas são apresentadas conforme a ordem das etapas do protocolo. Essas estão divididas em alterações de conteúdo do protocolo e em alterações de formato do sistema.

5.1.1 Alterações de conteúdo

O conteúdo do protocolo foi alterado em relação a sua ordem, tipos e responsabilidade das atividades e adição de ferramentas. Essas alterações são apresentadas por meio

de figuras comparativas entre a versão inicial e a última versão do protocolo. Para a primeira etapa, de necessidade, as alterações foram relativas à reorganização da ordem de duas atividades trazidas da etapa de digitalização (Figura 5).

Na etapa de planejamento (Figura 6) houve uma reordenação de atividades e, também, a junção de quatro atividades em uma única que divide a responsabilidade entre o clínico e o pesquisador, nessa etapa também foram efetuadas alterações no formato da ferramenta de classificação da PcDM discutida no próximo subcapítulo.

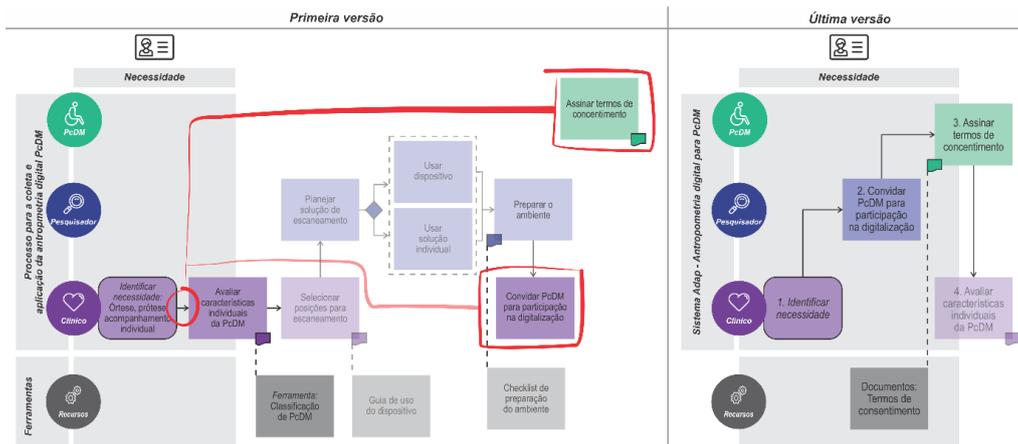


Figura 5 - Alterações de conteúdo da etapa Necessidade. Fonte: dos autores

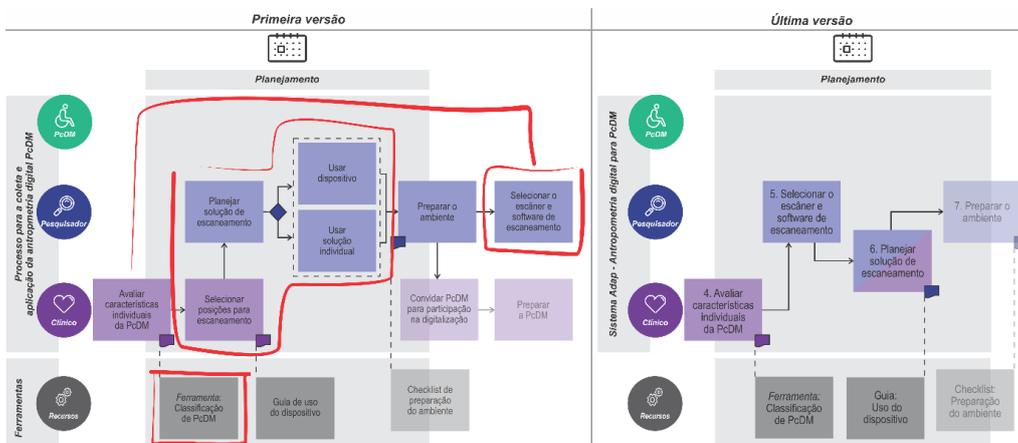


Figura 6 - Alterações de conteúdo da etapa Planejamento. Fonte: dos autores

A etapa de digitalização foi reordenada como consequência da mudança de algumas de suas atividades e ferramentas para etapas anteriores e, também, duas de suas atividades foram eliminadas ou mescladas com outras (Figura 7).

Na etapa de processamento houveram alterações na ordem da realização das atividades e fluxo das informações. Houve a eliminação de uma atividade que se assemelhava com a outra pela qual ela foi substituída e a adição de texto nas

encruzilhadas de decisão, auxiliando o uso do protocolo. A ferramenta de avaliação da malha também foi alterada nesse momento (Figura 8).

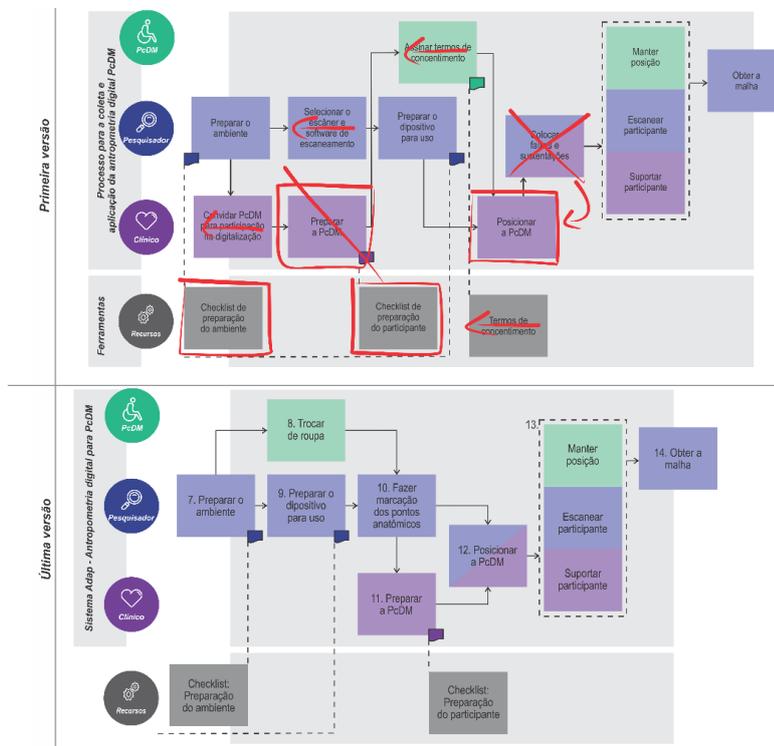


Figura 7 - Alterações de conteúdo da etapa Digitalização. Fonte: dos autores

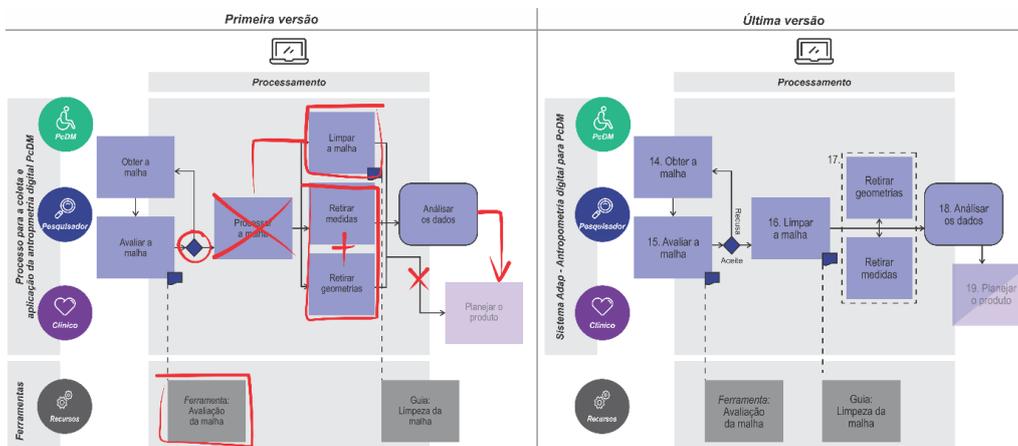


Figura 8 - Alterações de conteúdo da etapa Processamento. Fonte: dos autores

Na etapa de Aplicação houve a mudança de responsabilidade de uma atividade para que ficasse compartilhada pelo pesquisador e clínico, sendo adicionada uma nova ferramenta de avaliação do produto desenvolvido (Figura 9). A ferramenta em questão é a QUEST (DEMERS; WEISS-LAMBROU; SKA, 2000) a qual é uma ferramenta de Avaliação da Satisfação do Usuário com a Tecnologia Assistiva.

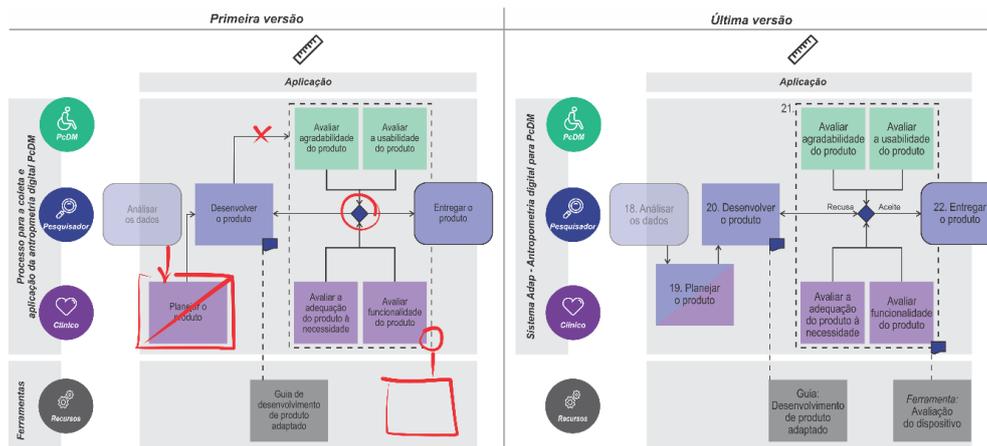


Figura 9 - Alterações de conteúdo da etapa Aplicação. Fonte: dos autores

Finalmente, na etapa de Avaliação as alterações foram apenas estéticas. A última alteração de conteúdo foi a nomeação do sistema para poder ser referenciado em estudos. O sistema foi chamado de “ADap” referindo-se à “Antropometria Digital adaptada” para pessoas com deficiência motora, indicando a possibilidade de ampliar o sistema para a adaptação para outros tipos de necessidades e deficiências.

Ao mesmo tempo, em que se realizaram as alterações de conteúdo, também foram realizadas alterações de formato que afetavam o uso e compreensão do conteúdo e estas são tratadas na sequência.

5.1.2 Alterações de formato

A primeira versão do sistema consistia na impressão das etapas do protocolo e de cada ferramenta em folhas individuais, configurando em uma espécie de apostila que podia ser consultada e preenchida. Esse formato não foi bem aceito pelos participantes, pois a maioria das atividades relacionadas com a antropometria digital são virtuais, o que fazia com que um sistema físico atrapalhasse o registro e acesso às atividades. Sendo assim, na segunda versão optou-se por utilizar uma ferramenta de edição de texto digital contendo basicamente o mesmo conteúdo do sistema em papel para que pudesse ser preenchido virtualmente, assim como na Figura 10.

Apesar de ser mais acessível, fato que também foi indicado nos requisitos, esse formato dificultava o acesso posterior às informações, pois quando era preenchido, as páginas perdiam sua configuração inicial. Sendo assim, a segunda alteração de formato consistiu na transformação desse documento em um formulário digital que pudesse ser preenchido a partir de informações pré-configuradas. A partir da avaliação dos especialistas esse formato tinha melhor funcionalidade. No entanto, o protocolo era

repetido diversas vezes de modo a localizar o preenchedor do sistema. O que, segundo alguns dos participantes, atrapalhava o uso do sistema, pois este já estava na ordem correta e, por isso, não havia necessidade de repetição da figura do protocolo. Ademais, nesse momento algumas das ferramentas foram semiautomáticas por meio de planilhas online que realizavam cálculos e respostas de dados automaticamente a partir de dados preenchidos manualmente. A Figura 11 demonstra a terceira versão do sistema.

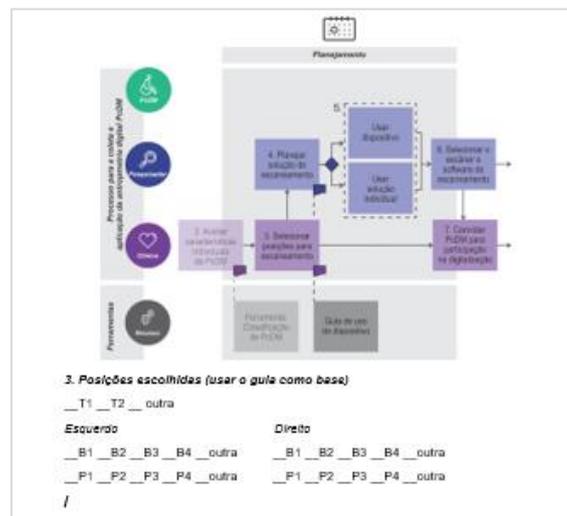


Figura 10 - Etapa de planejamento na versão em Word editável. Fonte: dos autores

Avaliação das características do participante

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

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

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

PARTE 1a: DEFICIÊNCIAS DAS FUNÇÕES DO CORPO

b1. FUNÇÕES MENTAIS

b110 Consciência

Escolher

b114 Orientação (tempo, lugar, pessoa)

Escolher

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

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

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

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

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

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

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

Resultados ferramenta
Acesse o arquivo e siga as instruções para todos os qualificadores que diferem de 0.
<https://drive.google.com/file/d/1zCAo7USEQ4E8ifvLCLnF8eA55tRQg/view?usp=sharing>

Figura 11 - Ferramenta de classificação das PcDM semiautomática. Fonte: dos autores

Finalmente, e considerando as avaliações positivas das ferramentas automatizadas usando a planilha eletrônica, optou-se por migrar o sistema para uma planilha eletrônica que permite o registro e respostas automáticas para algumas das atividades. Na planilha, cada aba consiste em uma atividade do protocolo. As informações preenchidas (Figura 12 a) em cada uma das abas são retornadas automaticamente aos preenchedores na ocasião (Figura 12 b) em que serão usadas novamente. A construção do relatório também foi automatizada e pode ser impressa para ser mantido o registro da antropometria digital como indicado pela norma e pelos requisitos do sistema.

Avaliação das características da PCdM

Preencha a Ferramenta de caracterização da PcDM para escaneamento.

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

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

Códigos CIF	Preencher com Qualificador
PARTE 1a: DEFICIÊNCIAS DAS FUNÇÕES DO CORPO	Extensão da deficiência
b1. FUNÇÕES MENTAIS	2 Deficiência/dificuldade moderada significa um problema que
b110 Consciência	Escolha
b114 Orientação (tempo, lugar, pessoa)	Escolha

(a)

Recomendações do Relatório de classificação do paciente

Códigos CIF	Recomendações
PARTE 1a: DEFICIÊNCIAS DAS FUNÇÕES DO CORPO	
b1. FUNÇÕES MENTAIS	1 e 2 – Requerer consentimento do participante e identificar compreensão das atividades.
b110 Consciência	#N/A
b114 Orientação (tempo, lugar, pessoa)	#N/A

(b)

Figura 12 - Ferramenta de classificação das PcDM automatizada. Legenda: a) Aba de aplicação da ferramenta com a primeira questão respondida; b) Aba planejamento do escaneamento com as recomendações automatizadas. Fonte: dos autores

Assim, foi desenvolvido o sistema semiautomático para a realização de antropometria digital. O sistema finalizado e sua aplicação na prototipagem são apresentados na sequência.

6 Sistema ADap

O resultado do design iterativo para o desenvolvimento e aprimoramento do sistema foi uma plataforma digital semiautomática que permite o planejamento e registro das atividades relativas à antropometria digital de pessoas com deficiência motora. Ele pode ser acessado pelo link: <https://tinyurl.com/ADap3D>. Para preencher e fazer alterações é preciso salvar uma cópia. A ferramenta utilizada para a construção da plataforma digital foi a planilha digital online da empresa Google.

Na sequência, apresentam-se os principais componentes do sistema por meio de algumas de suas telas. A primeira tela consiste em uma apresentação do sistema e do seu funcionamento (Figura 13 a). Nela, também, são apresentados os principais

responsáveis pela realização das atividades, bem como os ícones de navegação. Esses são: setas para avanço e retrocesso entre atividades; um botão de acesso direto ao protocolo; e um botão de acesso direto ao relatório, gerado automaticamente a partir das informações preenchidas ao longo da realização das atividades. Na sequência, há uma tela em que é apresentado o protocolo (Figura 13 b), no qual cada atividade está vinculada a um botão que direciona o usuário para a atividade em questão. Essa tela auxilia na gestão, compreensão e planejamento das atividades e pode ser acessada sempre que necessário via o botão de acesso ao protocolo.

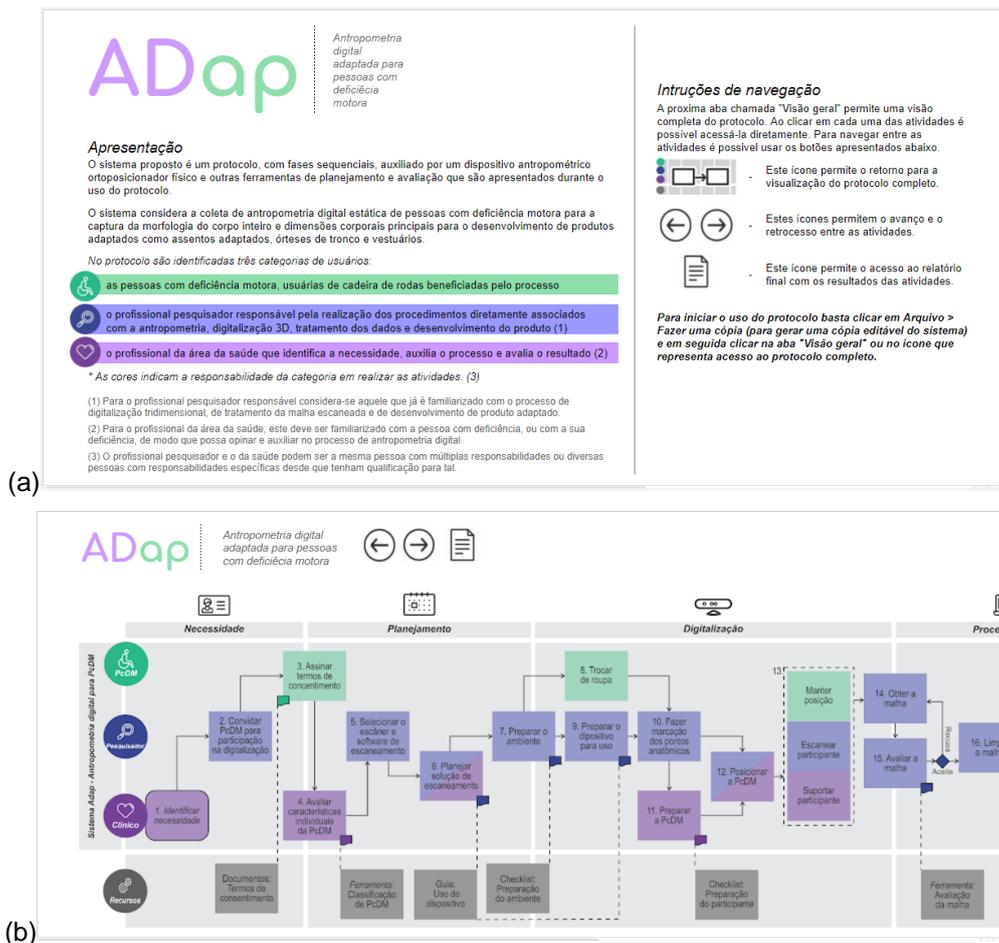


Figura 13 - Telas de planejamento. Legenda: a) Tela de apresentação do sistema; b) Tela de apresentação do protocolo. Fonte: dos autores

As demais telas, em exceção da última, o relatório, são divididas em cada uma das atividades indicadas no protocolo. Em todas, há espaço para o preenchimento das ferramentas e quando necessário instruções e espaço para planejamento. As telas possuem uma barra superior que contém: os ícones de acesso ao protocolo e ao relatório; as setas de navegação; um título com o nome da atividade; e uma cor de fundo

que representa o responsável pela atividade. Abaixo do título é possível realizar o planejamento e preenchimento dos resultados.

Ao longo das atividades são propostos três tipos de método de preenchimento: por texto como demonstrado na Figura 14, por caixa de seleção (Figura 15) e por menus com informações predefinidas (Figura 12, já apresentada). Todas essas informações preenchidas são traduzidas automaticamente para o relatório.

Figura 14 - ADap - Tela 3 - Identificação da necessidade. Fonte: dos autores

Figura 15 - ADap - Tela 12 - Marcação dos pontos anatômicos. Fonte: dos autores

Outra funcionalidade são botões que dão acesso a uma pasta compartilhada na nuvem que contém arquivos para impressão e assinatura, como os termos de consentimento livre e esclarecido; arquivos brutos e tratados; e arquivos para fabricação digital. Esses botões são indicados em azul com texto em hiperlink como na Figura 16.

Figura 16 - ADap - Tela 5 - termos de consentimento. Fonte: dos autores

Dentre os benefícios desse sistema, a automatização das respostas é o principal ponto que auxilia na realização das atividades. Isso se apresenta de três maneiras: na primeira há o retorno de informações pré-configuradas dependendo do *input* do usuário, como já foi demonstrado na Figura 12, também se apresenta com o retorno de informações úteis preenchidas anteriormente indicadas em retângulos cinza-claro e há a automatização de algumas ferramentas como a de avaliação da malha.

Ainda, quando há necessidade de preenchimento das atividades por mais de um responsável, há separação das atividades por cores, de modo a facilitar o entendimento de onde e como ela precisa ser preenchida, assim como demonstrado pela Figura 17.

O objetivo do questionário QUEST é avaliar o grau de satisfação com seu recurso de tecnologia assistiva e os serviços relacionados que você usou.

Selecione o que melhor descreve seu grau de satisfação com cada um dos 12 itens.

• Em caso de algum item com o qual você não tenha ficado "totalmente satisfeito", comente na seção comentário.

RECURSO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA		SERVIÇOS	
Qual é o seu grau de satisfação com:			
	Resposta	Comentário	
1. as dimensões (tamanho, altura, comprimento, largura) do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha		Escolha
2. o peso do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha		Escolha
3. a facilidade de ajustar (fixar, afivelar) as partes do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha		Escolha
4. a estabilidade e a segurança do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha		Escolha
5. a durabilidade (força e resistência ao desgaste) do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha		Escolha
6. a facilidade de uso do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha		Escolha
7. o conforto do seu recurso de tecnologia assistiva?	Escolha		Escolha
8. a eficácia do seu recurso de tecnologia assistiva (o quanto seu recurso atende às suas necessidades)?	Escolha		Escolha
SERVIÇOS		Qual é o seu grau de satisfação com:	
9. o processo de entrega (inocuidades, tempo de			
	Resposta	Comentário	Resposta

Figura 17 - ADap - Tela 23 - avaliação do produto. Fonte: dos autores

Na soma desses componentes, o sistema desenvolvido permite o planejamento, registro e avaliação das atividades tal como foi proposto como objetivo do trabalho.

7 Considerações finais

Apesar de ser cada vez mais prevalente o uso da antropometria digital para o desenvolvimento de produtos, identificou-se que havia uma lacuna nas pesquisas dessa área, relativa à participação de públicos com necessidades particulares, pois tem necessidades individualizadas que necessitam de soluções personalizadas e customizáveis. Neste caso, tratou-se do público de pessoas com deficiência motora.

A realização da antropometria digital em si já é uma tarefa complexa e que envolve um planejamento aprofundado e complexo assim como foi demonstrado na fundamentação teórica. Quando se inclui um público com necessidades específicas e individuais, este planejamento também precisa ser individualizado, pois, os resultados

dependem do uso apropriado por cada pessoa. Sendo assim, desenvolveu-se um sistema que permitisse planejamento individualizado, e que, além disso, possibilitasse o registro do que foi realizado de modo haver uma repetibilidade e rastreabilidade das atividades realizadas. Adequando-se, assim, às normas que regem a antropometria digital, mesmo que nem todas as questões normatizadas possam ser reproduzidas para esse público, como as poses em pé que estão regulamentadas.

Sobre sistema resultante desta pesquisa, pode-se destacar que ele permite o planejamento customizado, sendo reproduzível para cada novo participante, mas, as atividades são padronizadas e podem ser comparadas entre si, visto que essa é uma das características necessárias para ser realizada a antropometria digital. Além disso, por ser customizado, ele permite registro contextual do indivíduo, indicando as tecnologias assistivas que faz uso, necessidades e capacidades, e quais alterações ao sistema foram realizadas para cada uma daquelas necessidades. Ainda, o planejamento pode ser alterado ao longo das atividades conforme as necessidades do participante naquele momento, o que o torna flexível assim como indicado nos requisitos.

Em primeiro acesso ao sistema são disponibilizadas instruções de utilização, bem como são codificadas por meio de cores as responsabilidades e as atividades realizadas por cada grupo de participantes, facilitando o aprendizado e o planejamento. Ademais, a figura do protocolo permite uma visão geral do processo e demonstra o que será necessário no seu uso como materiais e atividades do sistema e quais são os possíveis resultados esperados e obtidos.

Ao adentrar nas atividades é possível verificar que todas possuem instruções que podem ser utilizadas para os usuários principiantes, bem como permitem o registro na realização de cada uma. Estas respostas podem ser verificadas e visualizadas em diversos momentos, como naqueles onde a informação precisa ser recuperada para o andamento do processo e para a geração de relatório. Ainda, por se tratar de um sistema online, este pode ser utilizado nas diversas localidades onde as atividades são realizadas, podendo ser acessado por diversos participantes simultaneamente.

Quanto à usabilidade, funcionalidade em casos reais, eficácia, eficiência e segurança do sistema, estes ainda precisam ser avaliados com testes de usabilidade. No entanto, com a avaliação dos especialistas foi possível identificar que o tema é de interesse, que o sistema auxilia no planejamento e que pode ser utilizado sem instrução dos desenvolvedores, indicando para uma possível boa usabilidade. Sugere-se que em trabalhos futuros esse teste de usabilidade seja realizado.

Por fim, conclui-se que o sistema ADap desenvolvido preenche a lacuna identificada no planejamento da realização da antropometria digital de pessoas com deficiência motora. Contribuindo para a inclusão deste público em um contexto em que antes lhe era inacessível e que o beneficia nas mais variadas questões relacionadas com a sua qualidade de vida, como o acesso a produtos e ambientes melhores adaptados às suas morfologias, dimensões e necessidades.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

Referências

BARBOZA, Rochelne; CARVALHO, Miguel; FERREIRA, Fernando; XU, Bugao. Main characteristics and anthropometrics of people with down syndrome – Impact in garment design. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, Berlim, v. 587, p. 417-427, n. 2016, 2018. doi: 10.1007/978-3-319-60597-5_40

BRADTMILLER, Bruce. Anthropometry for persons with disabilities: needs in the twenty-first century. In: RESNA ANNUAL CONFERENCE, 19., 2000, Orlando. **Anais eletrônicos...** Orlando: RESNA, 2000. p. 543-548.

BRENDLER, Clariana F.; TEIXEIRA, Fábio. G. T. Método para Obtenção de Medidas Antropométricas Utilizando um Digitalizador 3D de Baixo Custo. **Design & Tecnologia**, Rio Grande do Sul, v. 11, n. 6, p. 53-67, 2016. doi:10.23972/det2016iss11pp53-67

DEMERS, Louise; WEISS-LAMBROU, Rhoda; SKA, Bernadette. **Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology versione 2.0**. Nova Iorque: The Institute for Matching Persons and Technology, 2000. Disponível em: doi: 10.13072/midss.298

DESBOIS, Adrien; BEGUET, Florian; LECLERC, Yannic; GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, Aangel E.; GERVAIS, Sylvie; PERREAULT, Isabelle; GUISE, Jacques A. de. Predictive modeling for personalized three-dimensional burn injury assessments. **Journal of Burn Care & Research**, Oxford, v. 41, n. 1, p. 121-130, 2020. doi: 10.1093/jbcr/irz114

GILL, Simeon; HAYES, Steven; PARKER, Christopher. J. 3D Body Scanning: Towards Shared Protocols for Data Collection-Addressing the needs of the body scanning community for ensuring comparable data collection. In: INTERNATIONAL WORKSHOP OF ADVANCED MANUFACTURING AND AUTOMATION, 6., 2016, Manchester. **Anais eletrônicos...** Manchester: Atlantis Press, 2016, p. 281-284. Disponível em: doi: 10.2991/iwama-16.2016.53

HARRINGTON, H. James. **Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness**. Nova York: McGraw Hill, 1991.

HEYMSFIELD, Steven B.; BOURGEOIS, Brianna; NG, Bennet K.; SOMMER, Markus J.; LI, Xin; SHEPHERD, John. A. Digital anthropometry: a critical review. **European journal of clinical nutrition**, Reino Unido, v. 72, n. 5, p. 680-687, 2018. doi: 10.1038/s41430-018-0145-7

HONG, Yan; BRUNIAUX, Pascal; ZENG, Xianyi; LIU, Kaixuan; CURTEZA, Antonela; CHEN, Yan. Visual-simulation-based personalized garment block design method for physically disabled people with scoliosis (PDPS). **Autex Research Journal**, Lodz, v. 18, n. 1, p. 35-45, 2018. doi: 10.1515/aut-2017-0001.

ISO. **ISO 20685-1: Ergonomics - 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases - Part 1: Evaluation protocol for body dimensions extracted from 3-D body scans**. Geneva, 2018.

JORDAN, Patrick W. **An introduction to usability**. London: CRC Press, 2002.

KAKLANIS, Nikolaos; STAVROPOULOS, Georgios; TZOVARAS, Dimitrios. Modeling people with motor disabilities to empower the automatic accessibility and ergonomic assessment of new products. **Applied Ergonomics**, Amsterdã, v. 51, p. 120-136, 2015. doi: 10.1016/j.apergo.2015.04.016

KLEPSEK, Aanke; MORLOCK, Simone; LOERCHER, Chistine; SCHENK, Andreas. Functional measurements and mobility restriction (from 3D to 4D scanning). In: ZAKARIA, Norsaadah; GUPT, Deepti. **Anthropometry, Apparel Sizing and Design**. 2. ed. Sawston: Woodhead Publishing, 2020. p. 169-199. doi: 10.1016/B978-0-08-102604-5.00007-X

KOUCHI, Makiko; MOCHIMARU, Masaaki. Errors in landmarking and the evaluation of the accuracy of traditional and 3D anthropometry. **Applied Ergonomics**, Amsterdã, v. 42, n. 3, p. 518–527, 2011. doi: 10.1016/j.apergo.2010.09.011

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2004.

MARSHALL, Russell; SUMMERSKILL, Steve. Posture and anthropometry. In: SCATAGLINI, Sofia; PAUL, Gunther (Ed.). **DHM and Posturography**. Cambridge: Academic Press, 2019. p. 333-350. doi: 10.1016/B978-0-12-816713-7.00025-8

MEDEIROS, Cindy R. P. X. **Requisitos técnicos e biopsicossociais para desenvolvimento de projeto de brinquedos pré-escolares**. 2012. 132 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

OMS [Organização Mundial da Saúde]. **Como usar a CIF: Um manual prático para o uso da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF)**. Versão preliminar para discussão. Genova: Organização Mundial da Saúde. 2013.

PHEASANT, Stephen. **Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work**. 2. ed. Filadélfia: Taylor & Francis, 2003.

ROBINETTE, Kathleen M. 3D body scanning, past and future. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D BODY SCANNING TECHNOLOGIES, 4., 2013, Long Beach. **Anais eletrônicos...** Long Beach: 3D Body.tech, 2013. p. 11.

ROODBANDI, Akram S. J.; NADERI, Hamid; HASHENMI-NEJAD, Naser; CHOUBINEH, Alireza; BANESHI, Mohammad R.; FEYZI, Vafa. Technical report on the modification of 3-dimensional non-contact human body laser scanner for the measurement of anthropometric dimensions: Verification of its accuracy and precision. **Journal of Lasers in Medical Sciences, Tehran**, v. 8, n. 1, p. 22–28, 2017. doi: 10.15171/jlms.2017.05

RUMBO-RODRÍGUEZ, Lorena; SÁNCHEZ-SANSEGUNDO, Mirjam; FERRER-CASCALES, Rosario; GARCÍA-D'URSO, Nahuel; HURTADO-SÁNCHEZ, Jose A.; ZARAGOZA-MARTÍ, Ana. Comparison of Body Scanner and Manual Anthropometric Measurements of Body Shape: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health, Basel**, v. 18, n. 12, p. 6213-6230, 2021. doi: 10.3390/ijerph18126213

SANTOS, Aguinaldo dos. **Seleção do Método de Pesquisa**: guia para pós-graduandos em Design e áreas afins. Curitiba: Insight, 2018.

SHCHERBINA, K. K.; FOGT, E. V.; GOLOVIN, M. A.; CHERNIKOVA, M. V.; KUZICHEVA, A. D. Automation of Full-Size Wheelchair User Body 3D-Scan Dimensional Signs Registration. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Praga, v. XLIV-2/W1, n. April, p. 189–193, 2021. doi: 10.5194/ISPRS-ARCHIVES-XLIV-2-W1-2021-189-2021

SIERRA, Isabella S.; OKIMOTO, Maria Lúcia L. R. Explorando novas tecnologias para a Antropometria Sentada. **Human Factors in Design**, Florianópolis, v. 10, n. 19, p. 70-83, 2021a. doi: 10.5965/2316796310192021070

STEINFELD, Edward; MAISEL, Jordana; FEATHERS, David; D'SOUZA, Clive. Anthropometry and Standards for Wheeled Mobility An International Comparison. **Assistive Technology**, Londres, v. 22, n. 1, p. 51–67, 2010. doi: 10.1080/10400430903520280

SCHWARZ-MÜLLER, Frank; MARSHALL, Russel; SUMMERSKILL, Steve. Development of a positioning aid to reduce postural variability and errors in 3D whole body scan measurements. **Applied Ergonomics**, Amsterdã, v. 68, n. 2017, p. 90–100, 2018. doi: 10.1016/j.apergo.2017.11.001

YU, Minji; KIM, Dong-Eun. Body shape classification of Korean middle-aged women using 3D anthropometry. **Fashion and Textiles**, Amsterdã, v. 7, n. 35, p. 1-26, 2020. doi: 10.1186/s40691-020-00223-8