

**MAYARA RAMOS**

**TESTES DE USABILIDADE PARA IDOSOS: APLICAÇÃO DE  
*DIGITAL HUMAN MODELING (DHM)* EM SOFTWARES CAD/CAE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em *Design*, do Centro de Artes, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre.

Orientador: Alexandre Amorim dos Reis.

**FLORIANÓPOLIS – SC  
2014**

R175t

Ramos, Mayara

Testes de usabilidade para idosos: aplicação de digital human modeling (DHM) em softwares CAD/CAE / Mayara Ramos. - 2014.

127 p. : Il. color ; 21 cm

Orientador: Alexandre Amorim dos Reis

Bibliografia: p. 114-120

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Artes, Programa de Pós-graduação em Design, Florianópolis, 2014.

1.Ergonomia de Software. Fatores Humanos. 2.Engenharia Humana. 3.Interface de usuário (Sistema de Computador). 4.SolidWorks. Programa de Computador. I. Reis, Alexandre Amorim dos. II. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Design. III. Título.

CDD: 004.19-20.ed.

**MAYARA RAMOS**

**TESTES DE USABILIDADE PARA IDOSOS:**

**APLICAÇÃO DE *DIGITAL HUMAN MODELING* (DHM) EM  
SOFTWARES CAD/CAE**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Design, do Centro de Artes, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Design.

**Banca Examinadora**

Orientador:

---

Dr. Alexandre Amorim dos Reis  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

---

Dr. Marcelo Gitirana Gomes Ferreira  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

---

Dr. Fabio Ferreira da Costa Campos  
Universidade Federal de Pernambuco

Florianópolis, 30/07/2014.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos os envolvidos nessa pesquisa, professores, colegas, sujeitos de pesquisa, e a minha família. Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Design da UDESC pela sua contribuição no desenvolvimento do entendimento e execução de uma pesquisa acadêmica. Agradeço especialmente ao meu orientador Alexandre Amorim dos Reis pela sugestão e incentivo para o assunto de pesquisa, pelo seu acompanhamento no desenvolvimento do trabalho, sempre auxiliando para o melhor encaminhamento do mesmo. Agradeço também aos professores Marcelo Gitirana, Albertina Medeiros, Giovana Mazo e Aníbal Alexandre Campos pela contribuição com a coleta de dados realizados nessa pesquisa.

Aos meus queridos colegas agradeço pelo companheirismo no acompanhamento do desenvolvimento de nossas pesquisas. Ao colega mestrando Marcelo Demilis e as bolsistas de iniciação científica Isis Bastos e Tamine Dal Magro pelo auxílio na coleta de dados que foi fundamental para a realização dessa pesquisa. As minhas colegas Anne Cristyne Pereira, Crislaine Gruber e Elisa Strobel, que foram muito mais do que companheiras de sala de aula e pesquisa, mas foram o ombro amigo, incentivadoras quando necessário, críticas, acima de tudo verdadeiras amigas, o mestrado não teria sido tão feliz sem a amizade de vocês, desejo que essa amizade se mantenha assim sempre.

Agradeço finalmente a minha família que sempre me apoiou e incentivou em tudo que me propus a fazer e que nessa fase de minha vida esteve sempre presente.



## RESUMO

RAMOS, Mayara. **Testes de usabilidade para idosos:** aplicação de *Digital Human Modeling* (DHM) em softwares CAD/CAE. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Design – Área: Métodos para Fatores Humanos) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Design, Florianópolis, 2014.

O presente trabalho apresenta problemática relacionada ao cenário mundial do envelhecimento da população e as melhorias necessárias no desenvolvimento dos produtos para melhor atender esses usuários considerando as limitações que são desenvolvidas no envelhecimento; uma dessas melhorias é a inclusão desse usuário nos testes de usabilidade. Essa inclusão pode ser feita com custo baixo e sem expor o usuário por meio de testes virtuais, que é onde se apresenta o problema dessa pesquisa: se é possível realizar esses testes de usabilidade inteiramente na plataforma do *SolidWorks®*? O objetivo desta pesquisa é desenvolver um procedimento para testes de usabilidade virtuais realizados no software *SolidWorks®*, com foco nos usuários idosos. Para procurar a corroboração da hipótese (de que seria possível realizar testes de usabilidade digitalmente nesta plataforma), foi reproduzido o teste de usabilidade tradicional de um controle remoto realizado com usuários idosos em um teste de usabilidade virtual na plataforma do *SolidWorks®*, em que o usuário modelado apresentou limitações baseadas nas dos usuários participantes do teste tradicional, podendo assim, comparar os resultados encontrados nos testes. No teste de usabilidade foram avaliadas as medidas de desempenho, sucesso de realização da tarefa e número de reposicionamentos do controle remoto necessários para realizar a tarefa. Pelos resultados dos testes pode se perceber que a variável de número de reposicionamentos para realizar a tarefa é a mais adequada para avaliar a similaridade entre os resultados dos testes real e virtual. O resultado do teste estatístico dessa variável indicou que existem diferenças significativas entre os resultados encontrados do teste tradicional e os resultados do teste virtual, mas quando avaliado apenas os resultados dos indivíduos idosos do sexo feminino os resultados não apresentaram diferenças significativas. Foi concluído que ainda são necessárias pesquisas para se atingir a corroboração da hipótese, considerando que os resultados indicaram para

diferenças significativas entre os resultados. O fato do grupo de usuárias idosas ter apresentado resultados similares, indica que com melhorias no procedimento de testes de usabilidade na plataforma do *SolidWorks®* pode-se conseguir resultados similares para usuários de idosos de ambos os gêneros.

**Palavras-chave:** Usabilidade. Métodos para fatores humanos. Modelamento digital humano. Idosos.

## ***ABSTRACT***

RAMOS, Mayara. ***Usability testing for the elderly: application of Digital Human Modeling (DHM) in software CAD / CAE.*** 2014. 64 f. Dissertation (Mestrado em Design – Área: Métodos para Fatores Humanos) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Design, Florianópolis, 2014.

*The present research presents the problem related to the aging population of the world and the necessary improvement on product development to better serve these users considering their limitations that come with the aging process; one of the possible improvements is the inclusion of these user on usability testing. This inclusion can be made with low cost and without exposing the user through virtual testing, which is where the problem of this research focuses, if is possible to to perform these usability tests entirely in SolidWorks® platform. The objective of this research is to develop a procedure for virtual usability testing in SolidWorks® software, with focus on elderly users. To achieve the corroboration of the hypothesis (is possible to do virtual usability testing through the software platform), was reproduced the traditional usability test of a remote control conducted with elder users in a virtual usability test on the SolidWorks® plataform, the modeled user presented limitations based on the users participants of the traditional testing, enabling the comparison of the found results of the tests. On the usability tests were evaluated the performance metrics of task success and number of positioning of the remote control were necessary to complete the task. By the test results we were able to realize that the variable of number of positions necessary to complete the task is more appropriate to evaluate the similarity between the results of real and virtual tests. The result of the statistic test for this metric indicated that there are significant differences between the results of the traditional test and the results of the virtual test, but when evaluated only the results of females elders the results showed no significant differences. It was concluded that further research is necessary to achieve corroboration of the hypothesis, considering that the results indicated significant differences between the results. The fact that the group of female older users have shown similar results, indicating that with improvements in*

*usability testing procedure in SolidWorks® platform can achieve similar results for older users of both genders.*

**Key-words:** *Usability; human factors methods; human digital modeling; elderly*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Pirâmide Etária absoluta brasileira em 1980 .....	24
Figura 1.2 - Pirâmide Etária absoluta brasileira em 2050. ....	24
Figura 2.1 - <i>Design</i> centrado no usuário – o produto, o usuário e a tarefa.	
.....	32
Figura 2.2 - Composição óssea da mão .....	33
Figura 2.3 - Tipos de articulações da mão.....	34
Figura 2.4 - Posturas de mãos e punho.....	35
Figura 2.5 - Movimentos de abdução e adução nas mãos .....	36
Figura 2.6 - Antropometria das mãos .....	38
Figura 2.7 – Os dois tipos básicos de manejo .....	40
Figura 2.8 – Esquemas perceptivo e motor envolvidos na coordenação óculo-manual: uma variação do modelo de Arbib (1981).....	48
Figura 2.9 – Estrutura de usabilidade .....	51
Figura 3.1 - Representação do modelo humano na análise da tarefa no 3D SSPP .....	68
Figura 3.2 - Representação do modelo humano na análise da tarefa no Jack.....	69
Figura 4.1 – Etapas do experimento .....	77
Figura 4.2 – Controle remoto usado no estudo.....	79
Figura 4.3 - Construção componentes do polegar .....	85
Figura 4.4 – Restrições de posicionamento .....	86
Figura 4.5 - Posições para simulação de área de interferência .....	88
Figura 4.6 – Posição que indica a necessidade de um novo posicionamento.....	90
Figura 5.1 – Resultado da análise virtual de distanciamento de botões	107



## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Papel dos testes de usabilidade no processo de desenvolvimento.....	56
Tabela 3.1 - Comparativo de recursos de <i>softwares</i> de análise ergonômica virtual.....	66
Tabela 4.1 - Tempo de realização de tarefa.....	81
Tabela 4.2 – Número de reposicionamentos necessário para realizar tarefa.....	82
Tabela 5.1 – Tempo de realização de tarefa - indivíduos idosos.....	94
Tabela 5.2 – Número de reposicionamentos na tarefa indivíduos idosos – teste tradicional .....	94
Tabela 5.3- Número de reposicionamentos na tarefa indivíduos idosos – teste virtual .....	95
Tabela 5.4 – Flexão máxima articular do polegar (em graus), espessuras de mão e polegar (em milímetros).....	101
Tabela 5.5 – Medidas antropométricas da mão em milímetros .....	101
Tabela 5.6 – Área de contato em posições determinadas - mm <sup>2</sup> (Figura 4.4) .....	102
Tabela 5.7 – Tempo de realização de tarefa dos grupos jovens e idosos .....	104
Tabela 5.8 – <i>Post Hoc</i> ANOVA tempo de realização da tarefa .....	104



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 - Percentual da população Idosa brasileira de 1872 a 2010.23	
Gráfico 1.2 - Esperança de vida ao nascer segundo o sexo – Brasil e Santa Catarina – 1980/2010 .....	25
Gráfico 4.1– Sucesso da tarefa .....	82
Gráfico 4.2 – Frequências respostas questionário pós-teste .....	82
Gráfico 5.1 – Usuários divididos por sexo e faixa etária.....	92
Gráfico 5.2 – Sucesso da tarefa indivíduos idosos – teste tradicional....	93
Gráfico 5.3 – Sucesso da tarefa indivíduos idosos – teste virtual .....	94
Gráfico 5.4 – Questão 1 – conhecia o controle remoto? .....	96
Gráfico 5.5 – Questão 2 – sentiu necessidade de reposicionar o controle durante a atividade?.....	96
Gráfico 5.6 – Questão 3 – teve dificuldade de identificar alguma das teclas.....	97
Gráfico 5.7 – Questões 4- teve algum desconforto para efetuar a tarefa?	
Questão 5 – teve alguma outra dificuldade na realização da tarefa? .....	97
Gráfico 5.8 - Forma de pega e dedo de acionamento .....	99
Gráfico 5.9 - Padrão de reposicionamentos durante tarefa .....	100
Gráfico 5.10 – Tempo de realização de tarefa (s) – indivíduos divido por sexo e faixa etária.....	103



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância, do inglês <i>Analise Of Variance</i>
CAD	Projeto Auxiliado por Computador, do inglês <i>Computer Aided Design</i>
CAE	Engenharia Auxiliada por Computador do inglês <i>Computer Aided Engineering</i>
DHM	Modelamento Digital Humano do inglês <i>Digital Human Modeling</i>
HADRIAN	Requisites de Dados Antropométricos Humanos Ivestigagação e Análise do inglês <i>Human Anthropometric Data Requirements Investigation and Analysis</i>
IBGE	Intituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SSPP	Programa de Previsão de Força Estática do inglês <i>Static Strength Prediction Program</i>
SW	<i>SolidWorks®</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre Esclarecido



## SUMÁRIO

Capítulo I .....	23
1 Introdução.....	23
1.1 Caracterização do Problema .....	26
1.1.1 Problema.....	27
1.2 Hipótese .....	27
1.3 Variáveis.....	27
1.3.1 Variável independente .....	27
1.3.2 Variável dependente .....	27
1.3.3 Variáveis de controle .....	27
1.4 Objetivos.....	28
1.4.1 Objetivo Geral .....	28
1.4.2 Objetivos Específicos .....	28
1.5 Justificativa.....	28
1.6 Limitações do trabalho .....	29
1.7 Metodologia.....	29
1.8 Estrutura do Trabalho .....	29
Capítulo II.....	31
2 Fatores humanos, Idosos e Usabilidade .....	31
2.1 Fatores Humanos e Ergonomia.....	31
2.1.1 Anatomia das mãos – ossos e articulações .....	32
2.1.2 Biomecânica das mãos.....	34
2.1.3 Antropometria das mãos .....	36
2.1.4 Controles e Manejos .....	39
2.2 Idosos e Processo de envelhecimento .....	41
2.2.1 Mudanças relacionadas à idade .....	43
2.3 Usabilidade .....	49
2.3.1 Métrica de usabilidade .....	52
2.3.2 Testes de usabilidade .....	54

2.3.3	Planejamento de testes de usabilidade .....	57
2.3.4	Teste de usabilidade com idosos – recrutamento e interação .....	58
	Capítulo III .....	60
3	Análise ergonomica virtual: uso de DHM e programas CAD/CAE .....	60
3.1	Sistemas CAD e CAE .....	60
3.2	DHM e Simulação Virtual Humana .....	61
3.2.1	<i>Digital Human Modeling</i> (DHM) para sistemas CAD/CAE.....	63
3.3	Softwares de Análise Ergonômica Virtual .....	66
3.3.1	3D Static Strength Prediction Program (3D SSPP) .....	67
3.3.2	Jack .....	68
3.3.3	SAMMIE .....	70
3.3.4	HumanCAD .....	72
3.4	<i>SolidWorks®</i> .....	74
3.4.1	<i>SolidWorks® Simulation</i> .....	74
	Capítulo IV .....	76
4	Método .....	76
4.1	Caracterização do estudo .....	76
4.2	Indivíduos do estudo .....	78
4.3	Instrumentos do estudo .....	78
4.4	Procedimentos de coleta de dados .....	80
4.4.1	Teste piloto .....	80
4.4.2	Coleta de Dados .....	83
4.4.3	Análise dos Dados .....	89
4.4.4	Tratamento estatístico dos dados .....	90
	Capítulo V .....	92
5	Resultados e Discussão .....	92
5.1	Resultados descritivos .....	92
5.1.1	Observações do comportamento no uso do objeto .....	98

5.1.2	Resultados antropométricos.....	100
5.2	Resultados comparativos de Desempenho.....	102
5.2.1	Tempo de realização de tarefa .....	102
5.2.2	Sucesso da tarefa .....	105
5.2.3	Número de reposicionamentos para realização da tarefa.....	105
5.2.4	Análise virtual de distanciamento de botões.....	106
5.3	Discussão dos resultados .....	107
	Capítulo VI .....	111
6	Conclusão .....	111
	Referências .....	114
	Apêndice I .....	121
	Apêndice II .....	123
	Apêndice III .....	124
	Apêndice IV.....	126
	Apêndice V .....	127



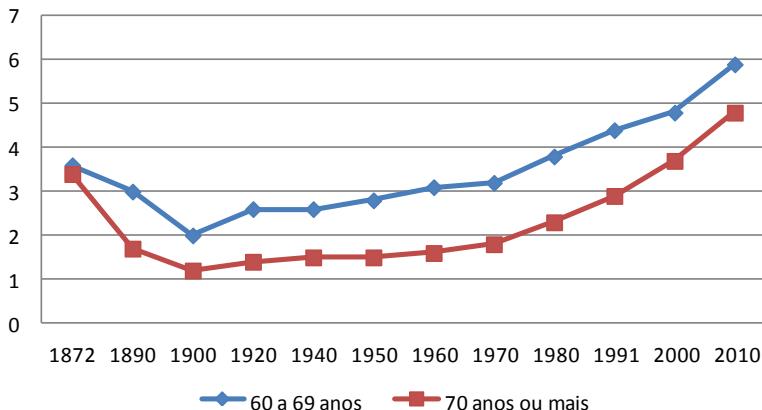
# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUÇÃO

Idade é uma variável crítica relevante às considerações de design na pesquisa e prática de fatores humanos. Isso se dá por três fatores: o número de idosos em países desenvolvidos está mais alto que nunca e continua aumentando; existem diferenças críticas relacionadas à idade entre adultos jovens e os idosos que necessitam considerações específicas de projeto; e o aumento constante da proporção de idosos dentro da força de trabalho global e de todos os usuários de sistemas e produtos (NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006).

Em 1950 registrava-se cerca de 204 milhões de idosos no mundo. Em 1998, este número chegou a 579 milhões, representando um crescimento médio de quase oito milhões de pessoas idosas por ano. Estima-se que em 2050 a população idosa do planeta será de 1900 milhões de pessoas (ANDREWS, 2000).

Gráfico 1.1 - Percentual da população Idosa brasileira de 1872 a 2010

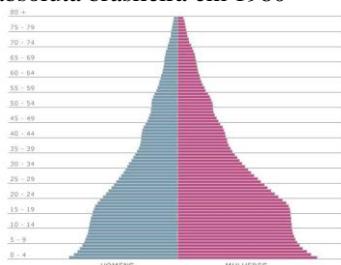


Fonte: IBGE (2012a) – População e demografia: População por grupos de idade.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, a porcentagem da população brasileira com 60 anos ou mais era de 10,7% (sendo 5,9% de 60 a 69 anos e 4,8% com 70 anos ou mais), em 1980 esse número era de 6,1% (3,8% entre 60 e 69 anos e

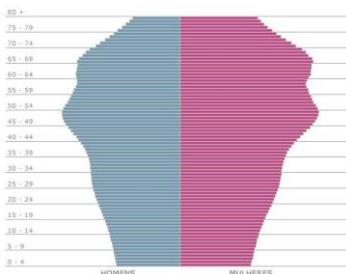
2,3% 70 anos ou mais), como apresenta o Gráfico 1.1. Com base em dados do IBGE, pode-se observar que em 2050 a pirâmide etária absoluta projetada, comparada com 1980, terá praticamente se invertido, como demonstram as Figuras 1.1 e 1.2.

Figura 1.1 - Pirâmide Etária absoluta brasileira em 1980



Fonte: IBGE – Projeção da população (2012b)

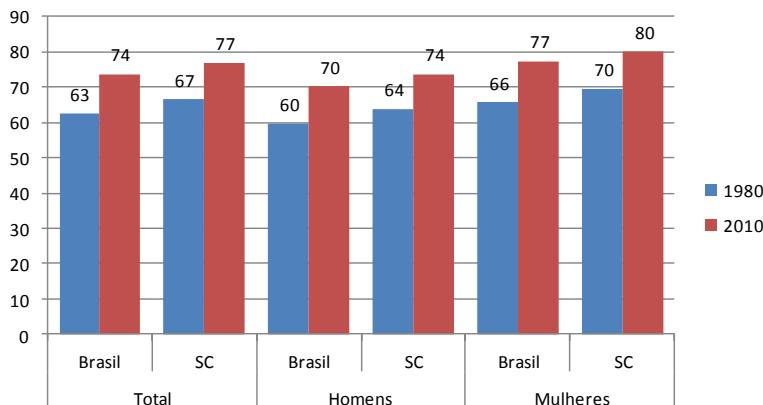
Figura 1.2 - Pirâmide Etária absoluta brasileira em 2050.



Fonte: IBGE – Projeção da população (2012b).

Ainda segundo o IBGE (2013), em 2010, a esperança de vida ao nascer no Brasil para a população alcançou a média de 73,76 anos. Comparando com a expectativa de vida de 1980 (62,52 anos), houve um acréscimo de 11,24 anos; ao longo desses 30 anos. A esperança de vida ao nascer no Brasil incrementou-se anualmente em média quatro meses. Em Santa Catarina esses números são um pouco diferentes, a esperança de vida em 1980 era de 66,56 anos, chegando há 76,8 anos em 2010, apresentando um aumento de 10,24 anos na esperança de vida ao nascer. Apesar dos números de 1980 e 2010 serem maiores em Santa Catarina, o aumento da esperança de vida no decorrer desse período é maior na média de toda a população brasileira. O Gráfico 1.2 mostra esses dados detalhando homens e mulheres.

Gráfico 1.2 - Esperança de vida ao nascer segundo o sexo – Brasil e Santa Catarina – 1980/2010



Fonte: Adaptado de IBGE (2013, p. 45).

A aceleração do envelhecimento populacional e a mudança demográfica ocasionada terá grande influência no gerenciamento de inovação e no desenvolvimento de novos produtos em todos os segmentos da indústria. Produtos e serviços precisam ser adaptados ou desenvolvidos novos produtos para melhor atender a mudança das necessidades e demandas de uma população em processo de envelhecimento (KOHLBACHER; HERSTATT; SCHWEISFURTH, 2010).

O *design* para as inabilidades humanas e envelhecimento é frequentemente visto como um nicho separado de mercado. Mesmo que produtos especiais e tecnologias assistivas voltadas para pessoas com necessidades especiais estejam presentes no mercado, eles representam uma pequena parte do total de produtos que necessitam ser projetados para atender pessoas com limitações funcionais. Apesar de parecer uma população pequena, o conjunto dos vários tipos e graus de deficiências representa 20% da população. Ainda, aproximadamente 64% dos que vivem além dos 75 anos terão limitações funcionais e 41% deles terão limitações funcionais severas e muitas dessas pessoas passarão por limitações funcionais múltiplas (VANDERHEIDEN, 2006).

As capacidades e limitações da população idosa devem ser compreendidas e levadas em consideração no processo de *design* e na pesquisa de fatores humanos para garantir que esse segmento da população possa interagir com produtos e sistemas de maneira segura,

eficiente, e eficaz (NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006). Os idosos interagem com o mesmo número e a mesma frequência que os demais indivíduos com produtos domésticos e ainda mais com produtos de cuidados com a saúde (HANCOK et al, 2001 apud<sup>1</sup> NICHOLS; ROGERS; FISK; 2006).

Com o avançar da idade as habilidades psicomotoras, perceptivas e cognitivas decaem. Enquanto a inovação tecnológica estendeu a expectativa de vida ao nascer, têm-se poucos esforços para o desenvolvimento de tecnologias que compensem o declínio das habilidades (HIGGINS; GLASGOW, 2012). Para chegar a produtos funcionais, eficientes, seguros e atraentes que aumentem as habilidades ou compensem as limitações, é necessário considerar as mudanças advindas da idade nos sentidos e capacidades físicas (HAIGH, 1993).

A usabilidade serve como um indicador de quão intuitivo é utilizar um produto e é um dos atributos de qualidade perceptível aos usuários. Essa característica é determinante no sucesso de um produto, e influencia diretamente o interesse do usuário em fazer uso do produto. A usabilidade é um atributo essencial da qualidade de um produto pelo fator tempo. Em geral, as pessoas tornam-se insatisfeitas, frustradas e até mesmo enraivecidas quando não conseguem executar atividades de maneira fácil e rápida (SILVA FILHO, 2010).

Testes ergonômicos de usabilidade de produtos com inclusão do público idoso já são um passo a frente para melhorar a integração desse público com os produtos colocados no mercado e respeitar as suas limitações físicas causadas pelo avanço da idade.

## 1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Como foi apontado anteriormente, a mudança do panorama etário mundial requer uma maior preocupação nos projetos de produtos para que os idosos possam usufruir os produtos existentes no mercado de forma adequada. Uma forma de conseguir isso é pela inclusão dessa população em testes de usabilidade dos produtos antes do seu lançamento.

Uma tecnologia que está ganhando espaço nos testes ergonômicos de produtos são os *softwares de Digital Human Modelign*

---

<sup>1</sup> As referências com uso de apud foram necessárias por não ter acesso aos artigos originais pela plataforma de periódicos CAPES, ou serem livros que não constam na coleção das bibliotecas afiliadas a universidade.

(DHF) que permitem testes virtuais dos produtos e sistemas. Essa tecnologia permite que os testes sejam feitos em etapas antecipadas do projeto de forma mais rápida e com menor custo. No entanto, esses programas ainda possuem falhas em compatibilidade com softwares CAD/CAE, além de as empresas necessitarem a aquisição de licença para mais uma ferramenta de projeto.

### **1.1.1 Problema**

Considerando que sistemas CAD/CAE como o *SolidWorks®* possuem ferramentas de simulação, seria possível substituir testes de usabilidade de interações físicas por testes virtuais, realizados diretamente na plataforma do *SolidWorks®*, com as ferramentas por ele disponibilizadas, tendo como foco o público idoso?

## **1.2 HIPÓTESE**

Considerando que seja possível simular os movimentos e posições adotadas pelo usuário idoso no uso de produtos na plataforma do software *SolidWorks®*, então seria possível realizar testes de usabilidade digitalmente nesta plataforma que apresentam resultados que não indicam diferenças estatísticas significativas.

## **1.3 VARIÁVEIS**

### **1.3.1 Variável independente**

Avaliação de interações físicas (desempenho) do acionamento de um dispositivo.

### **1.3.2 Variável dependente**

Sucesso da tarefa (eficácia), o usuário completa a tarefa; completa parcialmente com auxílio do mediador; completa parcialmente com erros ou não completa a tarefa. Tempo de realização da tarefa (eficácia) em segundos, e eficiência física pelo número de repositionamentos do controle necessários para completar a tarefa.

### **1.3.3 Variáveis de controle**

Dispositivo utilizado para o teste de usabilidade, tarefa realizada, usuário idoso de 60 a 85 anos.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver e avaliar um procedimento para testes de usabilidade virtuais realizados no *software SolidWorks®*, com foco no usuário idoso.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar as principais limitações causadas pela idade nos usuários idosos;
- Estudar o modelamento e a simulação de movimentos humanos na plataforma *SolidWorks®*;
- Descrever as características dos indivíduos estudados;
- Mensurar mãos de usuários idosos e a angulação máxima possível nas articulações do polegar;
- Configurar os movimentos do usuário no *software* de acordo com as limitações impostas pela idade;
- Desenvolver o procedimento para teste de usabilidade para a plataforma do *SolidWorks®*;
- Testar a usabilidade por métricas sucesso da tarefa e número de repositionamentos necessários para realizar a tarefa, comparando os testes virtuais na plataforma *SolidWorks®* com os testes tradicionais;
- Avaliar a efetividade do teste virtual de usabilidade com o usuário idoso.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

Os testes virtuais de usabilidade através de simulações e *softwares* de DHM presentes hoje demonstram vantagens em questões de custo; antecipação de etapas de projeto, reduzindo o tempo de desenvolvimento; menor risco às pessoas, pois utiliza um usuário virtual. Uma possibilidade ainda pouco explorada são os testes com o usuário não padrão, como portadores de necessidades especiais e idosos.

No entanto a realização desses testes nos próprios *softwares* de modelagem e simulação CAD/CAE pode melhorar a aplicação dessas investigações, pois os usuários destes programas não necessitarão de um treinamento para interagir com uma nova plataforma. Apesar de alguns

*softwares* já apresentarem essa possibilidade de avaliação ergonômica na plataforma CAD/CAE, o *SolidWorks®* não apresenta essa possibilidade. Esse *software* é comumente utilizado no desenvolvimento de projeto e popular entre *designers* e em ambientes de ensino superior de cursos que trabalham com o desenvolvimento de projetos de produtos. Assim, o desenvolvimento de um método na plataforma CAD/CAE se apresenta de grande utilidade trazendo aprimoramento dos resultados dos projetos realizados com auxílio das ferramentas disponíveis no *SolidWorks®*.

## 1.6 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Essa pesquisa tem por limitação a avaliação e simulação dos movimentos referentes ao dedo polegar durante a tarefa de manipulação do objeto de pesquisa. Sendo assim, será apenas modelada para simulação uma representação desse segmento da mão (metacarpo, falange proximal e falange distal do polegar). Não foi medida a força manual desses usuários, nem a amplitude de movimentos de articulações que não compõem o segmento do dedo polegar.

## 1.7 METODOLOGIA

Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica contendo informações importantes para basear o desenvolvimento da metodologia para o teste de corroboração ou refutação da hipótese. Com a realização dos testes será possível traçar uma conclusão para o problema de pesquisa.

Para prova de teste da hipótese pretende-se reproduzir um teste de usabilidade tradicional realizado com usuários idosos (60 a 85 anos) em um teste de usabilidade virtual na plataforma do *SolidWorks®*, em que o usuário modelado deverá apresentar limitações compatíveis às dos usuários participantes do teste tradicional, podendo assim, comparar os resultados encontrados nos testes.

O Capítulo IV apresenta detalhadamente os métodos e procedimentos adotados nessa pesquisa.

## 1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em seis capítulos, introdução, dois capítulos de revisão bibliográfica, método, resultados e discussões e conclusões. O primeiro capítulo, Introdução, apresenta o contexto desta

pesquisa, o problema, sua justificativa, o que será mensurado e os objetivos que se pretende atingir no decorrer do seu desenvolvimento.

Os dois capítulos seguintes são capítulos de fundamentação teórica onde são abordados de assuntos relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa. O capítulo dois apresenta três assuntos centrais: fatores humanos relacionados a anatomia, biomecânica e antropometria das mãos e manejos; os idosos e as mudanças que sofrem durante o processo de envelhecimento; usabilidade e testes de usabilidade. O terceiro capítulo trata de análise ergonômica virtual e os *softwares* utilizados para essa análise, também tratando de sistemas CAD/CAE e o *Software SolidWorks®* no qual é proposta a realização da simulação na pesquisa.

O quarto capítulo, Método, consta qual o procedimento metodológico adotado para os testes experimentais, constando quais são os indivíduos desse estudo, os instrumentos utilizados, o procedimento da coleta de dados, qual o tratamento estatístico adotado, o teste piloto e os resultados obtidos.

O quinto capítulo apresenta os resultados e as discussões dos resultados obtidos nos experimentos executados. Os resultados são apresentados primeiramente de forma descritiva, seguido pela comparação das variáveis que foram medidas durante os testes de usabilidade. Na discussão, os resultados obtidos foram confrontados com as informações encontradas na literatura e entre os resultados obtidos.

No último capítulo se apresentam as conclusões obtidas com essa pesquisa, se os objetivos foram atingidos, se foi possível corroborar a hipótese da pesquisa, quais as limitações encontradas durante o desenvolvimento do trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

## CAPÍTULO II

### 2 FATORES HUMANOS, IDOSOS E USABILIDADE

Neste capítulo são apresentados alguns conceitos relacionados aos Fatores Humanos e Ergonomia, aprofundando em assuntos como anatoma, biomecânica, antropometria das mãos e manejos. Tendo como sujeito de estudo os usuários idosos, serão expostos as principais mudanças pelas quais o indivíduo passa no processo de envelhecimento, focando nas limitações relacionadas ao uso de produtos, e os cuidados que deve se ter no projeto de produtos, visando este usuário. Também será abordado a usabilidade, sua importância, quais as formas de medida e testes de usabilidade, e como se estabelece a relação entre a usabilidade e o usuário idoso.

Devido aos objetivos desse trabalho os aspectos de usabilidade em foco nessa seção serão os de desempenho, ligado aos conceitos de eficácia e eficiência. Segundo Tullis e Albert (2008), o desempenho (*performance*) é tudo que o usuário realmente faz ao manipular o produto. No caso dos assuntos voltados à anatoma, antropometria e biomecânica, o foco será na mão, por ser o membro que executará a tarefa analisada no experimento deste trabalho.

#### 2.1 FATORES HUMANOS E ERGONOMIA

Existem diversas definições de ergonomia. Em algumas delas fatores humanos é considerado um sinônimo. Nessas definições de fatores humanos e ergonomia pode-se ver algumas mais voltadas ao lado da interação com o objeto e outras mais centradas no usuário.

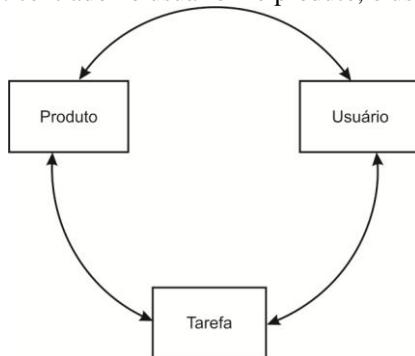
Nemeth (2004) define fatores humanos como o desenvolvimento e aplicação do conhecimento sobre o comportamento e a fisiologia humana no ambiente operacional. Aqueles que atuam na área realizam pesquisas e análise do desempenho humano, incluindo seus limites e habilidades. Os fatores humanos extraem conhecimentos de áreas e métodos diversos para desenvolver sistemas que são centrados no usuário.

O termo ergonomia é derivado das palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (regras) (DUL; WEERDMEESTER, 2004, PHEASANT, 2003). É uma ciência de caráter multidisciplinar, que objetiva a adequação e a interação entre o homem e o objeto em um sistema e/ou ambiente (GOMES, 2003; IIDA, 2005). Tem como foco

principal a melhora da segurança, saúde, conforto e eficiência no trabalho (DUL; WEERDMEESTER, 2004; GOMES FILHO, 2003).

Pheasant (2003) coloca que ergonomia é a ciência do trabalho, das pessoas que executam e a forma que é realizado, das ferramentas e equipamentos que eles utilizam, dos lugares em que eles trabalham e dos aspectos psicossociais das situações de trabalho. A abordagem ergonômica do *design*, segundo o autor, pode ser resumida pelo princípio do *design* centrado no usuário – se um objeto, um sistema ou um ambiente é projetado para o uso humano, então o seu *design* deve ser baseado nas características físicas e mentais dos seus usuários. O objetivo é conseguir a melhor correlação entre o produto e seus usuários, no contexto da tarefa de trabalho a ser realizada. A Figura 2.1 demonstra esta relação.

Figura 2.1 - *Design* centrado no usuário – o produto, o usuário e a tarefa.



Fonte: Adaptado de Pheasant (2003, p. 6).

A definição de critérios para definir uma correlação de sucesso entre o produto, usuário e tarefa depende das circunstâncias do caso. Existem critérios que são importantes, como eficiência funcional, uso fácil, conforto, saúde e segurança, qualidade de vida no trabalho, entre outras (PHEASANT, 2003).

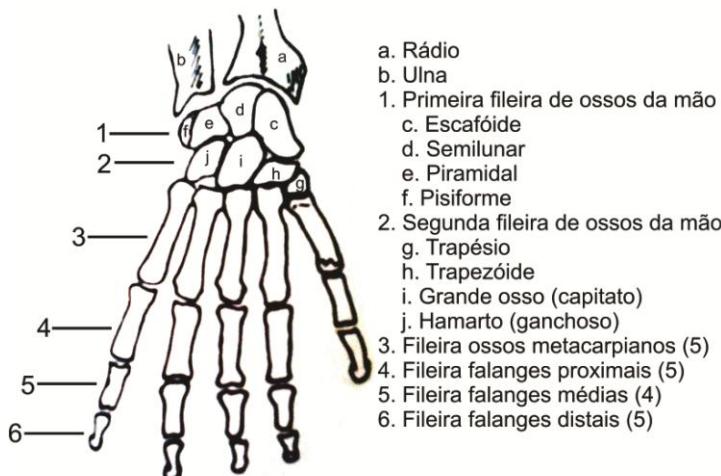
### 2.1.1 Anatomia das mãos – ossos e articulações

Anatomia é a base a partir da qual se desenvolve o conhecimento sobre o movimento humano; é útil a compreensão da anatomia regional geral de modo que em uma região específica possam ser identificados os ossos, a localização dos músculos, sua inervação,

seu suprimento sanguíneo, e outras estruturas significantes como os ligamentos. A anatomia funcional é o estudo dos componentes do corpo necessários para desempenhar um movimento ou função humana. A primeira coisa a considerar sob uma perspectiva de anatomia funcional é o movimento produzido pelo músculo ou grupo muscular (HAMILL; KNUTZEN, 1999).

A mão é formada por mais de 20 articulações entre 27 ossos. Os ossos da mão estão dispostos em seis fileiras como apresenta a Figura 2.2. A terceira fileira apresenta cinco ossos metacarpianos. As demais fileiras são as que formam os dedos, sendo a quarta das falanges proximais (cinco falanges), a quinta das falanges médias (quatro falanges, o polegar não é composto por esse osso) e a última, as cinco falanges distais (SETTINERI, 1988).

Figura 2.2 - Composição óssea da mão



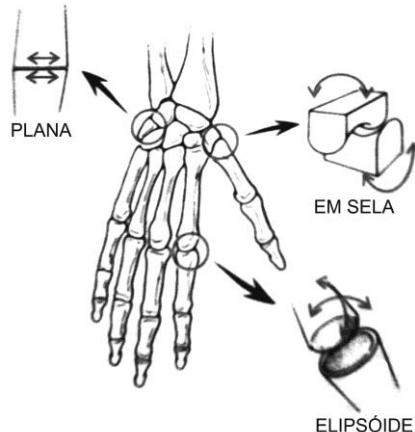
Fonte: Adaptado de Settineri (1988, p. 173).

Ainda de acordo com o autor, as mãos possuem cinco tipos de articulações: articulação radiocárpica, entre o rádio e os ossos da primeira fileira do carpo; articulação mediocárpica, articulação deslizante entre os ossos do carpo; articulação carpometacárpica, cada metacarpiano se une aos ossos do carpo por ligamentos dorsais, o quinto possui apenas um ligamento.

A articulação carpometacárpica do polegar, é uma articulação em sela, permite dois planos de movimento – flexão, extensão; abdução,

adução – com uma pequena quantidade de rotação. A Figura 2.3 mostra uma representação desse tipo de articulação (HAMILL; KNUTZEN, 1999).

Figura 2.3 - Tipos de articulações da mão



Fonte: Adaptado de Hamill e Knutzen (1999, p. 60).

As articulações metacarpo-falângicas apresentam dois graus de liberdade: flexão e extensão e abdução e adução e é biaxial (HAMILL; KNUTZEN, 1999; SETTINERI, 1988). Hamill e Knutzen (1999) classificam essa articulação como Articulação Elipsóide, representada na Figura 2.3. Quando o dedo está fletido a abdução e a adução são limitadas, porque a cabeça do metacarpo está achatada na sua borda distal e os ligamentos colaterais retesados em flexão. A amplitude da extensão ativa varia entre 30 e 40° e a passiva até 90°, em pessoas com frouxidão ligamentar acentuada (SETTINERI, 1988).

Articulações interfalangianas se movimentam em apenas uma direção – flexão e extensão. A amplitude da flexão nas interfalangianas proximais ultrapassa os 90° e nas distais é pouco inferior a 90°. A extensão ativa é de 0° nas proximais e até 5° nas distais (SETTINERI, 1988).

## 2.1.2 Biomecânica das mãos

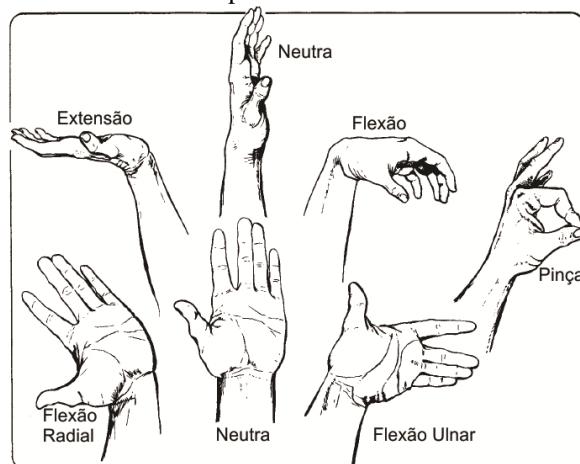
Uma revisão dos nomes dos segmentos é indispensável no preparo para o uso mais extensivo deles no estudo da biomecânica. Os

membros superiores são denominados por ação apendicular do esqueleto. Quando alguém se move para longe do tronco, os segmentos se tornam menores, mais rápidos, e ficam mais difíceis de serem observados devido ao tamanho e velocidade (HAMILL; KNUTZEN, 1999).

Os termos anatômicos padrões que são utilizados para descrever a posição e movimentos do antebraço, punho e mãos estão ilustrados na Figura 2.4. Os movimentos de flexão, extensão e flexão radial (abdução) e flexão ulnar (adução), ocorrem no complexo articular do punho – a articulação do punho (radiocarpal) e as várias articulações que estão presentes entre oito pequenos ossos do punho (articulações intercarpais) (PHEASANT, 2003).

Na articulação do punho, o movimento da mão em direção ao polegar é chamado de flexão radial, enquanto o movimento oposto da mão em direção ao dedo mínimo é chamado flexão ulnar. Outro movimento especializado é a circundação, um movimento que pode ser criado por qualquer articulação ou segmento que tenha o potencial de mover-se em duas direções, de modo que o segmento possa ser movido de modo cônico, na medida em que a ponta do segmento faz um trajeto circular (HAMILL; KNUTZEN, 1999).

Figura 2.4 - Posturas de mãos e punho

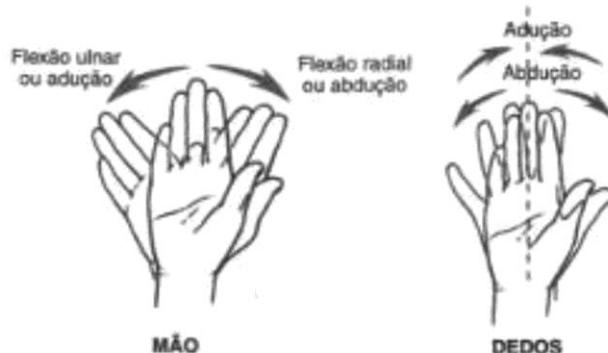


Fonte: Adaptado de Putz-Anderson (1988 apud PHEASANT, 2003, p. 85).

Abdução é o movimento para longe da linha média do corpo ou do segmento. Adução é o movimento de retorno do segmento para a

linha média do corpo ou segmento. A Figura 2.5 ilustra esses movimentos nas mãos (HAMILL; KNUTZEN, 1999).

Figura 2.5 - Movimentos de abdução e adução nas mãos



Fonte: Adaptado de Hamill e Knutzen (1999, p. 14).

### 2.1.3 Antropometria das mãos

Existem poucas situações onde é possível projetar um produto ou local de trabalho para um único usuário. Essa situação tende a acontecer geralmente em produtos de alto luxo. Na maioria das ocasiões, os problemas de projeto são voltados para uma população de usuários. Como devem ser harmonizadas as dimensões para que o produto em desenvolvimento atenda a uma gama diversa de usuários, e a que ponto deve-se concluir que regulagens são essenciais em produto é um problema. Para otimizar essas decisões, são necessárias três informações: as características antropométricas da população de usuários, as maneiras que essas características podem impor restrições no *design*, e o critério que define uma correlação eficaz entre produto e usuário (PHEASANT, 2003).

A antropometria trata das medidas físicas do corpo humano. Quando se pretende obter medidas representativas e confiáveis de uma população, que é composto de indivíduos dos mais variados tipos e dimensões, medir as antropometrias não é uma tarefa fácil. Sempre que for possível e economicamente justificável, as medições antropométricas devem ser realizadas diretamente, tomando-se uma amostra significativa de sujeitos que serão usuários ou consumidores do objeto a ser projetado. A execução dessas medidas comprehende as etapas de

definição dos objetivos, definição das medidas, escolha dos métodos de medidas, seleção da amostra, as medições e as análises estatísticas (IIDA, 2005).

A primeira etapa é definir onde ou para que serão utilizadas as medidas antropométricas. Com essa definição decorre a aplicação da antropometria estática, dinâmica ou funcional, escolha das variáveis a serem medidas e os detalhamentos ou precisões com que essas medidas devem ser realizadas (IIDA, 2005).

Na antropometria estática, as medidas se referem ao corpo parado ou com poucos movimentos e as medições realizam-se entre pontos anatômicos claramente identificados. A antropometria dinâmica mede os alcances dos movimentos; os movimentos de cada parte do corpo são medidos mantendo-se o resto do corpo estático. As medidas antropométricas relacionadas com a execução de tarefas específicas são chamadas de antropometria funcional. Na prática, observa-se que cada parte do corpo não se move isoladamente, mas há uma conjugação de diversos movimentos para se realizar uma função (IIDA, 2005).

Segundo o autor, os métodos para realizar as medidas antropométricas podem ser diretas ou indiretas. Os métodos **diretos** envolvem instrumentos que entram em contato físico com o organismo. Usam-se régua, trenas, fitas métricas, raios *laser*, esquadros, paquímetros, transferidores, balanças, dinamômetros e outros instrumentos semelhantes. As medições **indiretas** geralmente envolvem fotos do corpo ou partes dele contra uma malha quadriculada; as medidas são tomadas posteriormente da imagem, podendo haver uma correção do paralaxe. Essas técnicas são interessantes para se tomar medidas de contornos complicados ou de movimentos.

Silva Filho *et al.* (2014) verificou a acurácia da técnica de fotogrametria das mãos para coleta de dados antropométricos. Nesse estudo foram comparados dados antropométricos das mãos coletados de forma direta com o uso de paquímetro e indireta por fotogrametria usando a imagem coletada por meio de um *scanner* de mesa. Participaram da pesquisa 60 indivíduos (30 homes e 30 mulheres) de 18 a 29 anos. A fim de verificar a ocorrência de diferença estatisticamente significativa entre medidas coletadas através da técnica direta (com paquímetro) e através da técnica indireta (fotogrametria), realizaram-se testes estatísticos, foi aplicado o Teste *t* de Student para comparação dos grupos (Dados da coleta direta comparados a dados da coleta indireta). Os resultados encontrados apontaram para a não existência de diferenças estatisticamente significativas na comparação da coleta direta e indireta.

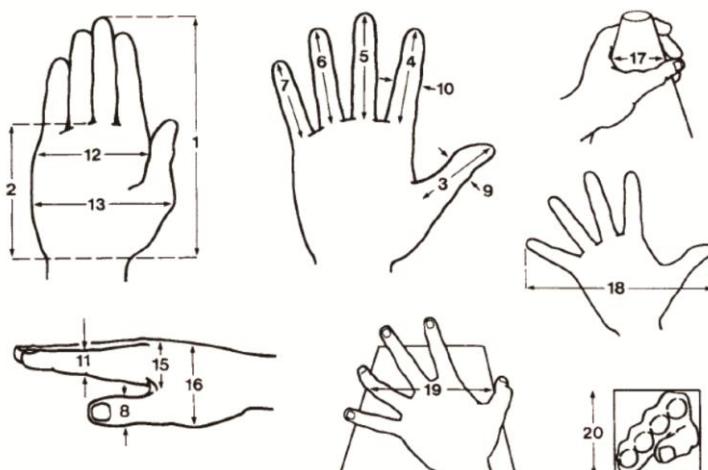
Os autores consideraram a técnica de fotogrametria como adequada para a coleta de dados antropométricos das mãos.

Liu (2008) comparou o método de medida antropométrica direta com compasso de calibre eletrônico digital com fotogrametria por câmera digital (método indireto), para comprovar a precisão da fotogrametria. Para isso, foi mensurado o ouvido externo de dez sujeitos, pelos dois métodos e os resultados foram submetidos à análise estatística pelo teste t pareado, o resultado demonstrou que não há diferenças significantes nas medidas obtidas pelos dois métodos. A precisão da medida antropométrica foi de 0,5mm.

Segundo Paschoarelli et al (2011), no Brasil as referências antropométricas das mãos são escassas, demonstrando que ainda existe uma lacuna nas pesquisas desta área do conhecimento.

As dimensões normalmente apresentadas em tabelas antropométricas e feitas em estudos relacionados à antropometria das mãos estão apresentadas na Figura 2.6.

Figura 2.6 - Antropometria das mãos



1. Comprimento da mão
2. Comprimento da palma
3. Comprimento do polegar
4. Comprimento do indicador
5. Comprimento dedo médio
6. Comprimento dedo anelar
7. Comprimento mindinho
8. Largura polegar(IPJ)<sup>º</sup>
9. Espessura polegar(IPJ)<sup>º</sup>
10. Largura indicador(PIPJ)<sup>º</sup>
11. Espessura indicador(PIPJ)
12. Largura da mão (metacarpal)
13. Largura da mão (através polegar)
14. Largura da mão (mínima)<sup>º</sup>
15. Espessura da mão (metacarpal)
16. Espessura mão (incluindo polegar)
17. Diâmetro máximo de pega
18. Extensão máxima
19. Extensão funcional máxima<sup>º</sup>
20. Acesso quadrado mínimo<sup>º</sup>

Fonte: Adaptado de Pheasant (2003, p. 85).

## 2.1.4 Controles e Manejos

Controles são subsistemas que possibilitam a interação homem-máquina, esses subsistemas possibilitam a introdução de informações no sistema. Os tipos usuais de controles são volantes, manivelas, botões, teclados, *mouse*, *joysticks*, controles remotos, entre outros. Esses controles normalmente são acionados pelos movimentos das mãos e dedos (IIDA, 2005).

Segundo Iida (2005), os controles são classificados geralmente em dois tipos, de acordo com a sua função: discreto e contínuo, conforme segue descrição:

- Controle discreto: admite apenas algumas posições bem definidas, não podendo assumir valores intermediários entre as mesmas; abrange as categorias:
  - Ativação: admite somente dois estados possíveis sim/não ou liga/desliga.
  - Posicionamento: admite selecionar um número limitado de posições, como no caso do botão rotativo para selecionar o modo de operar a máquina.
  - Entrada de dados: conjunto de botões, como um teclado, que permite compor séries de letras e/ou números. Ex.: teclados de computadores, calculadoras e telefones.
- Controle contínuo: permite realizar uma infinidade de diferentes ajustes. Pode ser ainda por posicionamento quantitativo ou movimento contínuo:
  - Posicionamento quantitativo: quando se deseja fixar um determinado valor dentro de um conjunto contínuo, como no caso do *dial* de um carro.
  - Movimento contínuo: quando serve para alterar continuamente o estado da máquina, acompanhando a sua trajetória, como o volante de um automóvel.

Manejo é uma forma particular de controle, onde há um predomínio dos dedos e da palma das mãos, pegando, prendendo ou manipulando alguma coisa (IIDA, 2005). O manejo está envolvido em praticamente tudo que se relaciona com o manuseio das coisas, sejam operações simples ou complexas que exijam séries operacionais mais longas. O manejo também está associado à ação de controles, pois dificilmente se maneja algo sem uma determinada ação de controle por parte do usuário (GOMES FILHO, 2003).

Devido à mobilidade dos dedos, e o dedo polegar trabalhando em oposição aos demais, pode-se conseguir uma grande variedade de

manejos, com variações de força, precisão e velocidade dos movimentos. Em cada tipo de manejo pode haver predominância de alguns desses aspectos (IIDA, 2005).

Segundo Pheasant (2003), anatomistas fizeram várias tentativas de classificar as infinitas variedades de ações que a mão humana é capaz de executar. A distinção mais comum é entre ações de pega de vários tipos, e as ações que não são de pega - *non-gripping* (como cutucar, pressionar, acariciar, estapear, etc.). Napier (1956 apud PHEASANT, 2003) dividiu as ações de pega em duas categorias principais: manejo grosso e manejo de precisão. Iida (2005), também coloca que existem diversas classificações para o manejo, mas em geral, recaem nesses dois tipos básicos - manejo fino e manejo grosso, descritas a seguir e representadas na Figura 2.7.

Manejo fino ou manejo de precisão é executado com as pontas dos dedos (ou em casos com as almofadas ou lados) (NAPIER, 1956 apud PHEASANT, 2003; IIDA, 2005). Os movimentos são transmitidos principalmente pelos dedos, enquanto a palma da mão e o punho permanecem relativamente estáticos. Esse tipo de manejo caracteriza-se pela grande precisão e velocidade, com pequena força transmitida nos movimentos (IIDA, 2005).

No manejo grosso, ou de força, os dedos (e algumas vezes o polegar) são usados para segurar o objeto contra a palma da mão (NAPIER, 1956 apud PHEASANT, 2003; IIDA, 2005). Os dedos têm a função de prender, mantendo-se relativamente estáticos, enquanto os movimentos são realizados pelo punho e braço. Em geral, transmite forças maiores, com velocidade e precisão menores que no manejo fino (IIDA, 2005).

Figura 2.7 – Os dois tipos básicos de manejo



Fonte: Iida (2005, p. 243).

Gomes Filho (2003), por sua vez, distribui o nível de qualificação dos manejos e controles em cinco níveis. A atribuição da qualificação pode variar dependendo do tipo de produto e da situação de uso. Muitas vezes vários desses níveis podem ser exercitados em uma mesma tarefa. Os níveis de qualificação dos manejos são: muito fino, fino, médio, grosso, muito grosso.

## 2.2 IDOSOS E PROCESSO DE ENVELHECIMENTO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define a população idosa como aquela a partir dos 60 anos de idade, sendo este limite para países em desenvolvimento, subindo para 65 anos de idade para países desenvolvidos (IBGE, 2002). Para propósitos de pesquisa, Nichols, Rogers e Fisk (2006) recomendam a definição de idosos ('*older*' adults) de 65 a 85 anos, e *oldest-old* mais de 85 anos. Spirduso (2005) classifica as faixas etárias de idosos jovens entre 65 e 74 anos, idosos 75 a 84 anos e idosos-idosos de 85 a 99 anos, acima desta idade, o autor considera como idosos muito idosos. Essa recomendação é dada, junto com demais faixas, devido a variabilidade do desempenho, precisão e consistência que são influenciadas pelo envelhecimento (NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006).

O termo envelhecimento é usado para se referir a um processo ou conjunto de processos que ocorrem em organismos vivos que com o passar do tempo levaram a uma perda de adaptabilidade, deficiência funcional, e, por fim, a morte. O envelhecimento é uma extensão lógica dos processos fisiológicos do crescimento e desenvolvimento (SPIRDUSO, 2005).

O envelhecimento é a inscrição do tempo em cada indivíduo. É marcado por transformações biológicas, psicológicas e sociais nas idades extremas. Essas transformações ocorrem em três dimensões temporais: a história individual, a evolução das gerações e a evolução do trabalho e da sociedade. Assim, são consideráveis sua variabilidade e diversidade no interior de uma mesma geração e nas gerações posteriores. As diferenças interindividuais aumentam com a idade: a idade cronológica não dá conta da idade funcional (FALZON, 2007).

O trabalho interfere nessas transformações que ocorrem com a idade sob um duplo aspecto (TIGER, 1989 apud FALZON, 2007). Por um lado, o trabalho e suas condições de execução agem sobre o processo de envelhecimento, sobre o declínio de certas capacidades e sobre as modalidades de construção da experiência. Do outro lado, as transformações facilitam ou tornam difícil a execução do trabalho nas

condições impostas pelo sistema de produção: o envelhecimento em relação ao trabalho, com consequências negativas – fadiga aumentada, baixa no desempenho, desqualificação profissional – ou positivas – rearranjo eficiente da maneira de trabalhar, mobilidade ascendente (FALZON, 2007).

A teoria sobre o envelhecimento, teoria estocática, sugere que a perda de funcionalidade que acompanha o envelhecimento é causada pela acumulação aleatória de lesões em moléculas vitais, associadas à ação ambiental, o que provoca um declínio fisiológico progressivo (CRISTOFALO; GERHARD; PIGNOLO, 1994 apud AVERSI-FERREIRA; RODRIGUES; PAIVA, 2008).

Viver mais tempo aumenta em 80% a probabilidade de se contrair uma ou mais doenças crônicas, bem como limitações físicas incapacitantes. Em muitos casos é difícil distinguir quando se trata de alterações decorrentes do processo de envelhecimento ou de manifestações patológicas (HOEMAN, 2000 apud AVERSI-FERREIRA; RODRIGUES; PAIVA; 2008<sup>1</sup>).

Embora a maioria dos idosos possua pelo menos uma doença crônica (RAMOS et al, 1993), nem todos ficam limitados por essas doenças, e muitos levam vida perfeitamente normal com as suas enfermidades controladas. Um idoso com doenças crônicas pode ser considerado um idoso saudável, se comparado com um idoso com as mesmas doenças, porém sem controle destas, com sequelas decorrentes e incapacidades associadas. Assim, o conceito de saúde da Organização Mundial da Saúde (OMS) mostra-se inadequado para descrever o universo de saúde dos idosos, já que a ausência de doenças é privilégio de poucos, e o completo bem-estar pode ser atingido por muitos, independentemente da presença ou não de doenças (RAMOS, 2003).

Para se realizar um produto funcional, eficiente, seguro e atraente, que aumente as habilidades ou compense as limitações do usuário, é necessário considerar o que se sabe sobre as alterações sofridas pelos sentidos e capacidades físicas com o envelhecer, e revisar as orientações disponíveis aos projetistas. O usuário de um produto necessita vê-lo, entendê-lo, possivelmente escutá-lo e provavelmente manipulá-lo de alguma forma; consequentemente as capacidades físicas mais relevantes a serem consideradas são visão, audição e funções manuais (HAIGH, 1993). Sendo assim, esta revisão bibliográfica focará nas mudanças ocasionadas pelo envelhecimento dessas capacidades físicas.

## 2.2.1 Mudanças relacionadas à idade

O início e a velocidade do processo de envelhecimento dependem bastante do indivíduo, dependendo da sua década de nascimento, da sua saúde, hábitos alimentares, exercícios físicos, trabalho e atividades sociais ao longo da vida (HAIGH, 1993).

As mudanças relacionadas à idade nas dimensões e composição corporal não param. A composição corporal, principalmente a dos ossos, da gordura e dos músculos, muda absoluta e relativamente; a amplitude do movimento das articulações é afetada pelo tempo e desuso (SPIRDUSO, 2005). As mudanças relacionadas à idade, de acordo com Nichols, Rogers e Fisk (2006), podem ser classificadas em:

- Percepção: visão, audição.
- Controle de movimento e biomecânica: velocidade de movimento, controle de movimento, equilíbrio, locomoção, força, controle de força.
- Processos cognitivos: atenção, memória.
- Linguagem: estrutura da frase, interface e linguagem figurada.
- Motivacionais: crenças e atitudes.

Tilley e Dreyfuss (2005) apontam que o idoso alto sofre uma perda de 5% de sua altura, em comparação com a que ele tinha aos 20 anos de idade; a idosa baixa 6% da sua altura. Um dos fatores que influenciam esse acontecimento é a perda da vantagem do crescimento de 10mm por década e o fato de que suas cartilagens encolhem, principalmente na coluna vertebral. A postura dos mais velhos tende a ser pior.

Ainda segundo os autores, a força das mãos nos idosos é reduzida em cerca de 16-40%, a força dos braços e pernas reduzem cerca de 50%, a capacidade pulmonar reduz cerca de 35%, a maioria das dimensões corporais diminui com o aumento da idade, o nariz e as orelhas aumentam em largura e comprimento, o peso pode aumentar 2Kg a cada dez anos.

### 2.2.1.1 Visão

A capacidade de codificar uma imagem corretamente depende da luminosidade disponível e o contraste do cenário (NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006). Com o envelhecimento se tem uma deterioração nos olhos que pode ser acentuada se o indivíduo tiver uma doença ocular degenerativa. A probabilidade da ocorrência dessas doenças aumenta com a idade (HAIGH, 1993). As causas mais comuns relacionadas à

idade para danos visuais são degenerações maculares relacionadas à idade, cataratas, e glaucoma (DESAI et al, 2001 apud NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006).

Capacidades visuais podem ser avaliadas em termos de acuidade, acomodação visual, sensibilidade de contraste, ofuscamento, adaptação ao escuro, visão de cores e estereopsia (HAIGH, 1993).

A capacidade da pupila de mudar de tamanho em resposta à iluminação do ambiente atinge seu máximo no início da adolescência e diminui progressivamente depois disso, como efeito se tem a redução da quantidade de luz transmitida para a retina, principalmente após os 60 anos de idade. O cristalino também tende descolorir; permitindo entrada menor de luz nos olhos e um aumento na iluminação é necessário para os idosos compensarem esses efeitos. Estima-se que os olhos de 60 anos de idade requerem três vezes mais luz que os olhos de 20 anos para ver um mesmo objeto (HAIGH, 1993).

Acomodação visual é a habilidade dos olhos de focarem em objetos próximos (HAIGH, 1993). Idosos possuem dificuldade com acomodação visual (presbiopia), que envolve ajustar a curvatura do cristalino para focar em objetos de diferentes profundidades (NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006). A presbiopia está relacionada à perda da elasticidade, e dificulta a atividade de focar em objetos próximos, como no caso da leitura que acaba necessitando do auxílio de óculos (HAIGH, 1993).

As reduções na capacidade de acomodação visual são os principais responsáveis por perdas de acuidade na visão proximal, tipicamente começando aos 40 anos. Aos 65 anos, acomodação do cristalino é tão reduzida que apenas objetos a certa distância podem ser focados na retina, significando que informações que não estão dispostas a certa distância não serão percebidas claramente pela pessoa (NICHOLS, ROGERS; FISK, 2006).

Sensibilidade de contraste é a habilidade de distinguir entre claro e escuro; isso afeta a habilidade de ver o contorno de um objeto claramente. Um aumento na iluminação pode melhorar o desempenho até um ponto em que a claridade começa reduzir a visibilidade. No período dos 20 aos 80 anos de idade se tem uma queda progressiva na sensibilidade de contraste; a maior queda ocorre por volta dos 40 ou 50 anos, devido à redução de luz sendo transmitida para retina pelo cristalino (HAIGH, 1993).

No olho em envelhecimento, mudanças fazem com que a córnea espalhe a luz antes que ela atinja a retina, o cristalino se torna mais

opaco e absorve mais luz, e o tamanho da pupila reduz, permitindo que menos luz chegue a retina (HAIGH, 1993; SCHNEIDER; PICHORA-FULLER, 2000 apud NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006). Apesar de menos luz atingir a retina, o desconforto, e mesmo a inabilidade que ocorre do excesso de iluminação na forma de ofuscamento, é mais problemático para aqueles acima de 40 anos de idade (HAIGH, 1993; NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006).

Os olhos podem se beneficiar da luz - para acuidade, sensibilidade de contraste e ajuste de foco - se a luz entrar pela frente dos olhos; a luz entrando pelos lados pode ser disperso nos olhos, resultando em imagens borradadas. Apesar de pessoas idosas necessitarem até três vezes mais claridade que uma de 20 anos de idade, o aumento da iluminação pode resultar em níveis inaceitáveis de claridade – ofuscamento (HAIGH, 1993).

Adaptação ao escuro ocorre quando os olhos são expostos a um ambiente escuro, após terem sido expostos a luz. A adaptação ao escuro é mais lenta que a adaptação à luz. Com a idade o tamanho da pupila é reduzido e o cristalino engrossa e amarela, e a adaptação ao escuro é afetada. Leva mais tempo para uma pessoa idosa se acostumar a enxergar em um ambiente escuro tendo vindo de um ambiente claro. Tem sido recomendado que a iluminação no objeto seja dobrada a cada 13 anos de idade (HAIGH, 1993).

O uso de ambos os olhos para julgar distância e profundidade é conhecido como percepção de profundidade binocular ou estereopsis. Tem-se uma perda na estereopsis com o aumento da idade. Ela se mantém relativamente constante até os 40 anos, em tal ponto começa o declínio até os 70 anos (HAIGH, 1993).

### **2.2.1.2 Audição**

A informação audível está presente em uma variedade de ambientes. Um sistema de interação seguro e eficiente pode depender na capacidade do usuário de ouvir normalmente, mas a audição é outro domínio perceptivo que nos idosos demonstra declínios (NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006).

A audição começa a decair no grupo etário 10-19 anos e à medida que a idade avança se torna mais pronunciado. É difícil determinar onde a deterioração etária normal começa e já que o processo é afetado por muitos fatores como a exposição aos ruídos durante a vida, influência genética e dieta alimentar. Contudo, em torno dos 50 anos, se tem perda auditiva suficiente em média para provocar deficiência em

situações mais exigentes de escuta, como sons fracos, barulho de fundo, e fontes múltiplas. Tais casos requerem mais esforço e, assim, se torna cansativo e sujeito a erros. Envelhecer também afeta a capacidade de interpretar e responder a informações complexas de audição (HAIGH, 1993).

Danos na audição podem ser melhorados pela amplificação, mas às vezes é caracterizado por uma inabilidade de discriminar ou entender sons de falas mesmo com amplificação. A apreciação de tons mais altos é afetada primeiramente, e os tons mais baixos são os últimos a serem afetados (HAIGH, 1993).

### **2.2.1.3 Funções manuais e controle do movimento**

Para se realizar atividades da vida diária, como carregar compras, subir escadas, levantar da cadeira ou descer do carro, é necessário ter níveis moderados de força. Nos idosos, a força tem um papel significativo na preservação da capacidade de participar de eventos sociais, como dançar e viajar nas férias, e na continuação de alguns hobbies antigos, como marcenaria e jardinagem (SPIRDUSO, 2005).

As mudanças na força durante todo envelhecimento são mudanças mais quantitativas do que qualitativas. A força muscular é mantida pela maior parte da vida adulta, apresentando pequenos declínios, mas, por volta dos 60 anos ocorre então um declínio mais acentuado (SPIRDUSO, 2005).

A força diminui como resultado da perda de massa muscular, que, por sua vez, são causadas pela perda de fibra muscular. Com exercícios apropriados, perdas de força e massa muscular podem ser adaptadas em algum grau (NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006; SPIRDUSO, 2005). Nesse sentido, Spirduso (2005) afirma que as perdas de força quase não são perceptíveis nos músculos que permanecem ativos durante toda a vida.

As perdas de força tendem a ser maiores nas mulheres; nos idosos considerados frágeis se tem uma perda maior nas extremidades inferiores; e a perda também é maior nos movimentos de velocidade rápida do que lenta, pois as fibras musculares de contração rápida sofrem uma perda maior (SPIRDUSO, 2005). Uma pessoa de 65 anos ou mais pode atingir apenas aproximadamente 75% de suas capacidades anteriores em força e resistência, e se a força muscular deteriorar,

também pode haver uma redução na precisão do movimento (HAIGH, 1993).

É importante serem estudadas as mudanças que podem ocorrer com o envelhecer nas operações manuais, pois, elas afetam a capacidade das pessoas idosas em segurar e utilizar ferramentas, e manipular controles (HAIGH, 1993).

Com a idade se tem uma queda na força de mãos, destreza, precisão, coordenação, mobilidade articular e sensibilidade. A força de preensão e a persistência dessa força, também sofrem declínio com a idade. A força e a persistência da força de preensão é a quantidade de força que pode ser exercida quando aperta algo nas mãos, e o período de tempo que essa pressão pode ser mantida. Existe uma redução correspondente nas forças de dedos e dedões; por exemplo, quando é usado um dedo ou dedão para picar ou perfurar embalagens ou pressionar um botão (HAIGH, 1993).

Alguns dados ainda precisam ser levantados na coordenação de mãos, destreza, forças de puxar/empurrar, destreza de dedos, perda de sensibilidade, e na capacidade de carregar objetos. Essas informações requisitadas incluem, por exemplo, a pressão que pode ser exercida por um dedo no empurrar de um botão ou um controle de ignição; a textura dos controles para dar *feedback* aos dedos do usuário que tenha perdido ou tenha sua sensibilidade reduzida; e o uso de tratamento superficial para facilitar a pega (HAIGH, 1993).

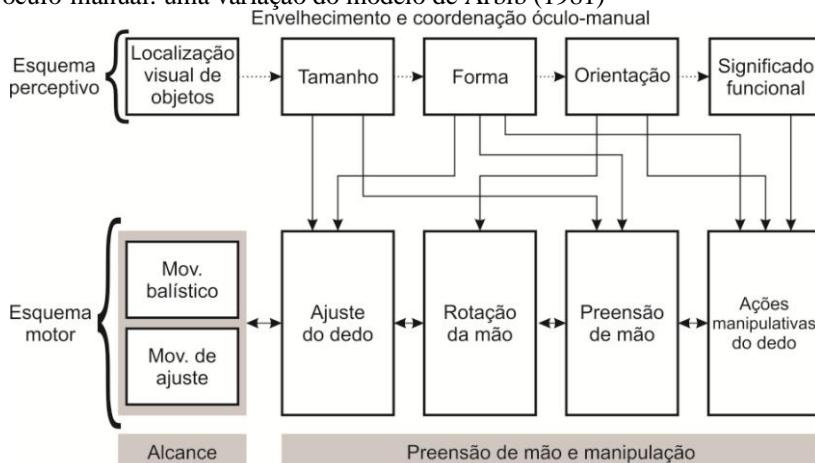
#### **2.2.1.4 Coordenação e habilidade em movimentos complexos**

A coordenação e a habilidade deterioram com o envelhecimento. Quando uma pessoa é considerada coordenada, se refere à capacidade da pessoa de coordenar os olhos, mãos e pés de maneira que um movimento específico possa ser realizado para se atingir um objetivo. Quando uma ação (física) requer principalmente a interação da visão e das mãos para manipular objetos, diz-se que a tarefa necessita de movimentos neuromuscularmente coordenados (SPIRDUSO, 2005). Segundo Williams (1993 apud SPIRDUSO, 2005), os movimentos neuromuscularmente coordenados são definidos como o uso integrado, habilidoso de olhos, braços, mãos e dedos em um movimento preciso, fino.

A coordenação óculo-manual é uma função complexa e intricada do sistema nervoso central. A Figura 2.8 mostra a conceituação da coordenação óculo-manual como exigindo a integração de dois sistemas gerais: esquema perceptivo – que proporciona um modelo do

ambiente e os parâmetros de entrada, e o esquema motor – que pode ser programado para ativar os músculos apropriados para completar a tarefa motora (SPIRDUSO, 2005).

Figura 2.8 – Esquemas perceptivo e motor envolvidos na coordenação óculo-manual: uma variação do modelo de Arbib (1981)



Fonte: Extraído de Williams (1989 apud SPIRDUSO, 2005 p. 243).

Para esses casos o autor determina que um esquema é um conjunto de normas por meio das quais as decisões são tomadas. Sendo assim, o esquema perceptivo é um conjunto de normas pelas quais informações internas e ambientais são identificadas, organizadas e classificadas. O esquema motor é um conjunto de normas que integra o esquema perceptivo e lembra ou inicia os comandos motores para ativar os músculos apropriados na sequência correta.

Como demonstra a Figura 2.8, para desenvolver um esquema perceptivo, a forma, o tamanho, a orientação e o significado funcional dos objetos devem ser visualizados. Para desenvolver um movimento motor, a natureza do movimento transitório apropriado deve ser determinada, e então os processos de ajuste do dedo, rotação da mão, preensão da mão e manipulação dos dedos devem ser controlados (SPIRDUSO, 2005).

À medida que as pessoas envelhecem, ao observar as habilidades motoras desses sujeitos, sugere que os esquemas perceptivos e motores (coordenação óculo-manual) que foram desenvolvidos e

mantidos durante muitos anos começam a deteriorar-se. Para uma pessoa de 85 anos, uma atividade simples como abotoar uma blusa, algo que antes era realizado sem um pensamento consciente, tornou-se uma atividade desafiadora que exige atenção e energia considerável (SPIRDUSO, 2005).

Ainda segundo o autor, estudos sobre os efeitos do envelhecimento sobre as habilidades de percurso ou destreza dos dedos é pequeno se comparado com o número de estudos relacionados às mudanças na integridade cardiovascular e velocidade de resposta. Os problemas de saúde, condicionamento, equilíbrio e locomoção têm prioridade maior que os problemas de coordenação, mesmo assim, as mudanças relacionadas à idade na coordenação são problemas para os idosos.

Os problemas de coordenação irão afetar em atividades relacionadas ao trabalho, entretenimento, e realização de atividades diárias, como escrever, digitar, virar botões de equipamentos, discar números telefônicos, ou atividades como segurar, carregar e colocar um objeto ao transportá-lo de um lugar para outro. Essas habilidades são classificadas pelo autor como habilidades funcionais motoras finas, e são essenciais para o idoso levar uma vida independente (SPIRDUSO, 2005).

Idosos serão mais lentos em tarefas que envolvam pegar, alcançar, e de movimento contínuo. Os idosos também têm habilidade menor de coordenar movimentos múltiplos com partes do corpo múltiplas do que jovens, como tarefas bimanuais (NICHOLS; ROGERS; FISK, 2006).

## 2.3 USABILIDADE

Um produto útil apresenta uma boa interação entre necessidade e solução, entre usuário e artefato. Engenharia de usabilidade é a prática de contabilizar as características de usabilidade durante o processo de desenvolvimento de produtos. Avaliações de usabilidade são as abordagens utilizadas para garantir que um produto, sistema ou serviço seja útil. Essas avaliações podem ser realizadas tanto para determinar se tem dificuldades de uso de um produto ou para descobrir oportunidades para melhorias (NEMETH, 2004).

A NBR/ISO 9241-11 (ABNT, 2002) define usabilidade como: “Medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso”. Sendo que, para a norma:

- Eficácia: precisão e completude com as quais usuários alcançam objetivos específicos;
- Eficiência: recursos gastos em relação à precisão e abrangência com as quais usuários atingem objetivos;
- Satisfação: ausência do desconforto e presença de atitudes positivas para com o uso de um produto;
- Contexto de uso: usuários, tarefas, equipamento (*hardware, software* e materiais), e o ambiente físico e social no qual um produto é usado.

Para Krug (2008), a usabilidade é assegurar-se de que algo funciona bem, que uma pessoa com habilidade e experiência comuns possa usar algo – seja um *site* da *web*, um caça a jato ou uma porta giratória – para seu propósito desejado sem causar frustração.

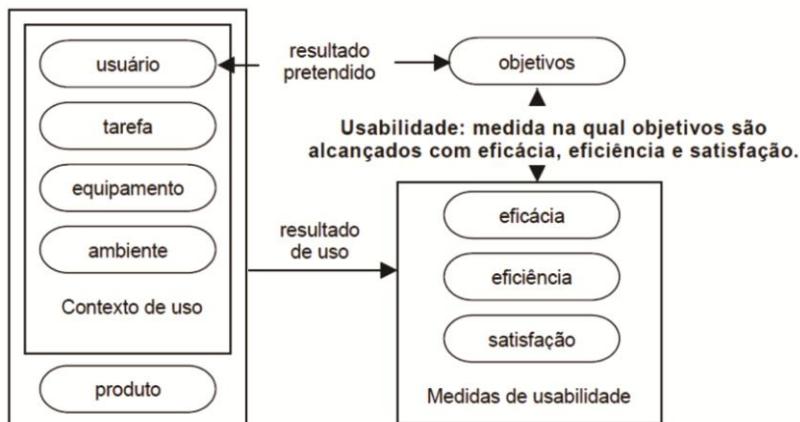
Para a Associação de Profissionais de Experiência do Usuário (UXPA) usabilidade é uma abordagem para o desenvolvimento de produtos que incorpora o *feedback* direto do usuário ao longo do ciclo de desenvolvimento, a fim de reduzir custos e criar produtos e ferramentas que atendam as necessidades dos usuários e ter altos índices de usabilidade (UXPA, 2014).

Tullis e Albert (2008) dizem que, apesar de diferenças encontradas nas definições de usabilidade, elas apresentam temas em comum: há o envolvimento de um usuário, o usuário está fazendo algo e o usuário está realizando algo com um produto, sistema ou outra coisa.

Jordan (1998) aponta um ponto importante da definição de usabilidade apresentada na ISO, que deixa claro que a usabilidade não é simplesmente uma propriedade do produto isolado, mas que dependerá também de quem está usando o produto, o objetivo que eles estão procurando alcançar e o ambiente em que o produto está sendo usado. O autor conclui que a usabilidade é a propriedade de interação entre um produto, um usuário e a tarefa, ou conjunto de tarefas, que o usuário está tentando completar.

A ISO 9241-11 (ABNT, 2002) menciona que para especificar ou medir usabilidade é necessário identificar os objetivos e decompor eficácia, eficiência e satisfação e os componentes do contexto de uso em subcomponentes com atributos mensuráveis e verificáveis. Os componentes e o relacionamento entre eles estão ilustrados na Figura 2.9.

Figura 2.9 – Estrutura de usabilidade



Fonte: NBR 9241-11 (2002).

Nielsen (1993) e Jordan (1998) relatam que a usabilidade apresenta cinco componentes. Para Nielsen (1993) esses componentes são facilidade de aprendizado, eficiência, facilidade de memorização, erros e satisfação. Jordan (1998) apresenta os seguintes componentes no qual a usabilidade deve ser avaliada:

- Intuitividade (*guessability*): a eficiência, eficácia e satisfação com que os usuários podem completar tarefas especificadas com um produto pela primeira vez.
- Facilidade de aprendizagem (*learnability*): a eficiência, eficácia e satisfação com que o usuário possa atingir um nível de competência em uma tarefa específica com um produto, tendo completado essa tarefa anteriormente.
- Desempenho de usuário experiente: a eficiência, eficácia e satisfação com que um usuário experiente realiza uma tarefa com um produto específico.
- Potencial do sistema: o nível ótimo de eficiência, eficácia e satisfação em que seria possível completar uma tarefa com um produto.
- Reusabilidade: a eficiência, eficácia e satisfação com que um usuário consegue realizar uma tarefa com um produto após um longo período afastado dessa tarefa.

### 2.3.1 Métrica de usabilidade

Para entender e se dirigir às questões de usabilidade, é importante considerar os tipos de dados coletados e como analisá-los. Até recentemente, os profissionais de usabilidade têm concordado que medidas quantitativas ou usabilidade deve incluir eficácia, eficiência e satisfação (DUMAS, 2007). Usabilidade é uma propriedade emergente que depende da interação entre usuários, produtos, tarefas e ambientes (LEWIS, 2006).

A métrica é uma maneira de mensurar ou avaliar um fenômeno ou objeto. A usabilidade tem um conjunto de medidas específicas para ela: sucesso da tarefa, satisfação do usuário e erros, entre outros. Todas as medidas de usabilidade devem ser observáveis de alguma forma, seja direta ou indiretamente. Todas essas medidas precisam ser quantificáveis – elas têm que ser transformadas em um número ou contados de alguma forma. Todas as medidas de usabilidade também precisam que o que está sendo medido represente um aspecto da experiência do usuário, apresentada em um formato numérico (TULLIS; ALBERT, 2008).

A métrica de usabilidade revela algo sobre a interação entre o usuário e o objeto: algum aspecto da eficácia, eficiência ou satisfação. A mensuração de usabilidade mede algo sobre pessoas e seu comportamento ou atitudes; como as pessoas são muito diversas e adaptáveis, algumas vezes se encontram desafios na métrica de usabilidade. Algumas coisas não são consideradas medidas de usabilidade, como preferências e atitudes não vinculadas à experiência de usar algo (TULLIS; ALBERT, 2008).

#### 2.3.1.1 Métricas de desempenho

Métricas de desempenho são a melhor forma de avaliar eficácia e eficiência de diferentes produtos. Se os usuários estão cometendo muitos erros, se sabe que tem oportunidades de melhoria. Caso os usuários estejam muito mais tempo que o planejado para executar uma tarefa, a eficiência pode ser muito aprimorada. As métricas de desempenho são a melhor forma de saber quão bem os usuários realmente estão usando um produto (TULLIS; ALBERT, 2008).

Tullis e Albert (2008) apresentam cinco métricas básicas para o desempenho: sucesso da tarefa, tempo de realização da tarefa, erros, eficiência e facilidade de aprendizagem. Jordan (1998) apresenta as métricas de usabilidade divididas entre as medidas e eficácia, eficiência

e satisfação; as medidas de eficácia são: conclusão da tarefa, qualidade de resultado; as de eficiência são: desvios de caminho crítico, taxa de erros, tempo de realização da tarefa, carga de trabalho mental.

O sucesso da tarefa mede com quanta eficácia os usuários conseguiram completar uma tarefa. O sucesso da tarefa pode ser binário – o usuário completa ou não completa a tarefa com sucesso; ou pode ser avaliado por níveis de sucesso, para alguns tipos de produto, chegar perto de realizar a tarefa completamente pode prover valor ao participante; alguns níveis de avaliação podem ser: sucesso completo, sucesso parcial, ambos com ou sem assistência; falha da tarefa, o participante achou ter completado, mas não completou a tarefa, ou o participante desistiu (TULLIS; ALBERT, 2008). A conclusão da tarefa de Jordan (2008) trás o mesmo princípio, a forma mais básica de definir se um produto é eficaz é se o usuário consegue ou não completar a tarefa; no caso de sistemas mais complexos o usuário pode completar a tarefa com sucesso parcial, sugerindo uma análise como a de níveis de sucesso de Tullis e Albert.

Segundo Jordan (2008), a qualidade do resultado de uma tarefa pode ser uma medida de eficácia, com alguns produtos é possível que o usuário complete a tarefa, mas o resultado obtido com a finalização da tarefa seja de qualidade variável. A proximidade do resultado obtido, ao resultado esperado, pode ser usada como medida de eficácia.

A maioria das tarefas apresenta um caminho crítico de desempenho, o método de abordar a tarefa para que requeira o menor esforço. Se o usuário sair desse caminho, então isso é negativo em termos de eficiência. Ter que consultar o manual também pode ser classificado como um desvio do caminho crítico (JORDAN, 1998).

O número de erros cometidos em uma tarefa é uma das medidas de eficiência mais comumente utilizadas. Se um usuário consegue completar uma tarefa sem nenhum erro, então a tarefa pode requisitar menos esforços do que se erros forem cometidos e necessitam ser corrigidos. Os erros podem ser classificados em diferentes tipos, de acordo com o motivo do erro e sua severidade. Uma distinção básica é entre “deslize” e equívoco. Um ‘deslize’ acontece quando o usuário sabe executar a tarefa, mas accidentalmente faz algo errado durante a tarefa; um equívoco, por sua vez, ocorre quando o usuário tem um modelo errôneo de como o produto funciona (JORDAN, 1998).

Independentemente de o usuário ter cometido um “deslize” ou um equívoco, as suas consequências podem variar de erro pequeno a catastrófico. Jordan (1998) propõe quatro níveis: pequeno, maior, fatal e catastrófico. No erro pequeno o usuário pode perceber e corrigi-lo

instantaneamente ou num intervalo curto de tempo. Em um erro maior, o usuário pode perceber e retificar, mas com um custo maior em termos de tempo e aborrecimento. O erro fatal impede o usuário de completar a tarefa que estava realizando. Erro catastrófico impede o usuário de completar a tarefa e também causa outros problemas.

Em algumas situações, identificar e classificar os erros é muito útil. Mensurar erros é vantajoso quando se quer entender a ação específica ou o conjunto de ações que pode resultar na falha da tarefa. Os erros são uma boa maneira de avaliação do desempenho do usuário; conseguir efetuar uma tarefa com sucesso em um tempo razoável é importante. O número de erros cometidos durante a interação com o produto também é reveladora. Erros podem indicar quantos equívocos foram feitos, onde ocorreram no produto, como projetos diferentes produzem frequências e tipos de erros diferentes (TULLIS; ALBERT, 2008).

Medir erros não é valido para qualquer situação. Tullis e Albert (2008) apontam que há três situações gerais em que a mensuração de erros pode se útil: quando um erro irá resultar em uma perda significativa na eficiência; quando um erro irá gerar custos significativos; e quando um erro causará falha da tarefa.

O tempo da tarefa é um excelente indicativo de eficiência de qualquer produto. Normalmente, quanto mais rápido o usuário realiza a tarefa, melhor sua experiência (JORDAN, 1998; TULLIS; ALBERT, 2008). O tempo que um participante leva para desempenhar uma tarefa significa muito para a usabilidade do produto (TULLIS; ALBERT, 2008).

A carga de trabalho mental é uma medida de eficiência que tem sido usada amplamente para avaliar a usabilidade de produtos onde o tempo para realizar tarefas é fixo e onde o número de erros é baixo (JORDAN, 1998).

### **2.3.2 Testes de usabilidade**

Segundo Krug (2008), a ideia básica dos testes de usabilidade é bastante simples: se quiser saber se um *software*, *site da web* ou controle remoto de um aparelho é, suficientemente, fácil de usar, assista algumas pessoas enquanto tentam usá-lo e observe onde elas têm dificuldade. A seguir, conserte-o e teste novamente.

Nessa mesma linha, Nemeth (2004) coloca que a avaliação da usabilidade segue um padrão de três passos. Apresentar a usuários reais

um protótipo ou o produto real. Convidá-los a realizar uma tarefa com o produto. Observar o que o usuário fala (ou não fala) e faz (ou não faz).

A avaliação de usabilidade pode ser realizada para determinar se há dificuldades com o uso de um produto ou para descobrir oportunidades para melhoria. Nesse processo, aqueles que estão fazendo as observações, com frequência descobrem novas maneiras de como o usuário se comporta enquanto executa uma tarefa (NEMETH, 2004).

Jordan (1998) classifica os testes de usabilidade em empíricos e não empíricos. Os testes não empíricos são os testes em que não se tem a participação de usuários, um investigador dá sua opinião de expertise ou são feitas checagens estruturais. Os testes empíricos são os mais comuns e envolvem participantes (usuários).

Testes de usabilidade são estudos que podem ser feitos em vários estágios do desenvolvimento de produtos, como no início, meio do processo e final (NEMETH, 2004). Rubin e Chisnel (2008) classificam os testes de usabilidade em três tipos – exploratório, avaliativo e validação – cada um desses testes deve ser administrado em um ponto do ciclo de desenvolvimento de produtos. O quarto tipo de teste, o teste de comparação de produtos, pode ser utilizado como uma parte integrante de qualquer um dos outros três testes e não está associada a qualquer fase do ciclo de desenvolvimento.

A Tabela 2.1 descreve os três tipos de teste de usabilidade que possibilitam avaliar os produtos em caso de protótipo inicial, produto preliminar ou produção pré-lançamento. Os testes podem avaliar um produto, comparar alternativas conceituais, ou comparar uma solução conceitual com produtos concorrentes.

Tabela 2.1 - Papel dos testes de usabilidade no processo de desenvolvimento

<b>Tipo</b>	<b>Fase de desenvolv.</b>	<b>Propósito</b>	<b>Comparação</b>
<b>Exploratório</b>	Inicial	Avaliar eficácia de um conceito preliminar. Examinar semântica, enquadramento estrutural com a tarefa requerida.	Qual alternativa conceitual se adéqua melhor à tarefa.
<b>Avaliativo</b>	Intermediário	Avaliar usabilidade de operações de nível baixo. Examinar gramática, elemento é adequado à tarefa.	Quais características da alternativa são melhores pra realização da tarefa.
<b>Validativo</b>	Final	Certificar usabilidade do produto avaliando como se compara a um padrão ou referência de usabilidade pré-determinado. Examinar utilidade, a ferramenta é adequada para a tarefa.	Qual alternativa se mostra mais favorável comparado ao padrão ou referência pré-determinado.

Fonte: Adaptado de NEMETH (2004, p. 269).

Testes exploratórios de usabilidade são realizados cedo no processo de desenvolvimento para avaliar a eficácia de um conceito de *design* nos seus estágios iniciais. É dado ao usuário um protótipo e solicitado que realize uma tarefa com ele. Testes exploratórios avaliam a estrutura de um conceito e seus ajustes com as tarefas que o usuário precisa realizar (NEMETH, 2004).

Durante um teste de usabilidade, observadores assistem a participantes realizarem uma determinada tarefa com um produto em um ambiente de teste. Isso é o que difere os testes de usabilidade de outros

métodos de *design* centrado no usuário. Essa visão de testes de usabilidade permite uma grande variedade em técnicas de testes, podendo ser bastante informal ou formal (LEWIS, 2006).

### **2.3.3 Planejamento de testes de usabilidade**

Antes que qualquer teste seja conduzido, deve ser esclarecido o propósito do teste, já que terá um impacto significativo no tipo de teste a ser feito (NIELSEN, 1993).

Nemeth (2004) apresenta uma série de passos básicos para o processo de desenvolvimento e execução de um teste de usabilidade, que é similar independente do tipo de teste de usabilidade:

1. Determinar a necessidade para conduzir o teste;
2. Escrever o plano de teste;
3. Recrutar participantes que irão ser o grupo de teste;
4. Desenvolver materiais de teste;
5. Montar e (se necessário) treinar a equipe que conduzirá os testes;
6. Preparar o ambiente e equipamento de testes;
7. Realizar um teste piloto e ajustar as medidas de teste e materiais baseados no que foi aprendido;
8. Efetuar o teste e (se apropriado) promover análise preliminar para o cliente;
9. Compilar, resumir e analisar os dados que foram coletados durante o teste;
10. Relatar e/ou apresentar os resultados do teste e recomendações para a melhoria do produto.

O plano de teste se relaciona as metas do negócio do cliente com o processo e resultados do teste. O plano é usado para atingir um acordo entre gerentes, membros da equipe de desenvolvimento, equipe de testes e clientes na necessidade e natureza do teste. O teste piloto possibilita a descoberta de falhas no teste de usabilidade antes de ser usado para coletar dados. Resultados interinos dos dados de desempenho podem ser usados para focar a atenção em produtos com um ciclo de desenvolvimento curto. A análise final de dados e resumo das informações fornece uma guia substancial nas melhorias que estão diretamente relacionadas aos objetivos do negócio do cliente (NEMETH, 2004).

A realização de um teste de usabilidade, segundo Dumas e Loring (2008) envolve um participante, um moderador, e deve apresentar as seguintes tarefas: saudar o participante, explicar-lhe seus

direitos e solicitar a assinatura de um termo de consentimento, explicar o procedimento de teste, guiar o participante por uma série de atividades selecionadas usando o produto (geralmente enquanto pensa em voz alta - *thinking aloud*), gravar os dados de uma ou mais formas, e solicitar ao participante que resuma sua experiência.

### **2.3.4 Teste de usabilidade com idosos – recrutamento e interação**

Dumas e Loring (2008) sugerem contatar centros de convivência de idosos para o recrutamento de idosos, as pessoas que trabalham nesses lugares podem recomendar candidatos ou fazer o convite para o teste. Os autores também recomendam que o recrutador estabeleça sua credibilidade com o candidato idoso rapidamente. Esse público é bastante cauteloso com a abordagem de vendas ou golpes financeiros, o recrutador estar relacionado a uma empresa que o candidato reconheça pode auxiliar neste processo. Ao entrar em contato, é importante explicar como os encontrou, e ao efetuar o convite lembrar ao candidato de levar seus óculos, caso os use.

Quanto ao agendamento do teste, é importante considerar que os idosos geralmente estão mais dispostos pela manhã, e que com frequência não gostam de dirigir no horário de maior movimento ou à noite. Testes com idosos pode ter uma taxa de ausência de 20 a 25%, quase o dobro do que testes com população jovem, os idosos podem esquecer o teste agendado ou ter uma problema de saúde que tem prioridade (DUMAS; LORING, 2008).

Para os testes, é comum que os participantes desse público cheguem entre 15 a 30 minutos adiantados e que tragam um acompanhante. Dumas e Loring (2008) recomendam que tenha um lugar confortável para que eles esperem o começo ou término dos testes. Os autores também ressaltam que é especialmente importante tratar educadamente esses participantes, o uso de ‘por favor’ e “obrigado” no decorrer das tarefas do teste; ao se dirigir aos sujeitos não tratá-los pelo primeiro nome, tratar por Sr./Sra. Os idosos também se sentem menos confortáveis com uma atitude mais casual.

Durante os teste é indicada a minimização das interrupções. Idosos têm dificuldade de manter o foco da sua atenção quando são interrompidos. O moderador do teste deve ficar atento para sinais que o participante possa necessitar de ajuda para voltar a atividade que estava desenvolvendo. Esse público tem a tendência de contar histórias e sair do foco da pesquisa, cabe ao moderador, educadamente, voltar a

conversa para a pesquisa. Outro fator comum em testes de usabilidade com idosos é que eles tendem a se culpar pelos erros, mesmo os erros que são do produto, é necessário assegurá-los de que não se trata de um teste de suas habilidades e sim um teste da tarefa sendo executada (DUMAS; LORING, 2008).

## CAPÍTULO III

### 3 ANÁLISE ERGONOMICA VIRTUAL: USO DE DHM E PROGRAMAS CAD/CAE

A década de 1970 marcou a entrada das plataformas CAD (*Computer Aided Design*) no mercado industrial, a criação de interfaces gráficas que permitiam ao profissional de projetos modelar elementos estruturais diretamente em um computador. Pouco tempo depois, surgiram algumas ferramentas de criação gráfica, inicialmente bastante rudimentares, introduzidas nos programas de CAE (*Computer Aided Engineering*), possibilitando o projetista desenhasse as geometrias nas estações CAE, atribuísse às condições necessárias de contorno e analisasse as estruturas quanto algumas solicitações (FIALHO, 2008).

A evolução das tecnologias e o consequente refinamento do mercado quanto à elevação dos padrões de qualidade e à necessária otimização estrutural em busca de competitividade dentro de um equilibrado equacionamento confiabilidade x custo fizeram com que os sistemas CAD/CAE começassem a ser disseminados pela indústria de bens de consumo (FIALHO, 2008).

Segundo Tilley e Dreyfuss (2005) a modelagem humana em 3D tem a principal vantagem em poder executar tarefas de mensuração ergométricas que com o uso de dados antropométricos tradicionais seria extremamente complicado.

Muitos programas são comercializados para a avaliação ergonômica de posturas e projeto de local de trabalho. No entanto, esses métodos fornecem principalmente análises estáticas da tarefa em avaliação (JAYARAM, 2006).

#### 3.1 SISTEMAS CAD E CAE

Novas tecnologias, dispositivos e a globalização do mercado de produtos têm pressionado a criatividade a seu limite. O mercado de hoje está caracterizado por tempos de colocação do produto no mercado mais curtos, e maior demanda por produtos novos e distintivos. O uso de ferramentas CAD (*computer-aided design*) 3D é um fator proeminente na redução do tempo de lançamento de produto e do custo de desenvolvimento do produto (YE et al, 2008).

Os softwares de *Computer-Aided Engineering* (CAE) e *Computer-Aided Design* (CAD) permitem os projetos tridimensionais e modelagem de sólidos, sendo possível realizar análises funcionais e

simulações de produtos e sistemas, além de análises relacionadas às partes mecânicas e estruturais de um projeto (SUNDIN; ÖRTENGREN, 2006).

A popularização dos sistemas CAD como ferramenta de trabalho ocorreu com o aumento do poder de processamento e a redução do preço dos computadores. No entanto, a maior parte dos usuários CAD o utiliza apenas para a elaboração do desenho, sendo que o sistema permite a manipulação e integração de informações, concepção de projetos tridimensionalmente, possibilitando diferentes formas de visão e concepção de projetos e diminuindo a possibilidade de erros por incoerências (FIGUEIRA, 2003).

O uso de sistemas CAD oferece muitas vantagens no desenvolvimento de projetos: aumento da capacidade do projetista, melhoria da qualidade do projeto, melhor qualidade de comunicação, possibilita a criação de banco de dados para manufatura. A maior parte dos *softwares* de CAD existentes no mercado permite a sua programação, a utilização dessas linguagens simples e acessíveis, permite desenvolver aplicações próprias, de forma a acelerar e a automatizar os processos de trabalho (FIGUEIRA, 2003).

O termo CAE se refere a um conjunto de técnicas que permite a avaliação de aspectos de um produto geralmente concebido através de CAD. Em determinada fase do processo de pesquisa e desenvolvimento de um novo produto, o engenheiro depara-se com a necessidade de prever o comportamento real de seu projeto. A solução tradicional seria construção de protótipos ou modelos reduzidos para ensaios em laboratórios para obter dados de tensão, deformação, velocidade, forças etc. No entanto, essa metodologia costuma consumir mais tempo e recursos do que seria o desejável, não sendo uma solução ideal. Atualmente, as ferramentas tecnológicas permitem que *softwares* baseados na plataforma PC/Windows simulem situações físicas reais de maneira bastante completa, resultando em verdadeiros protótipos virtuais. A principal vantagem da utilização do CAE é a possibilidade de testar, simular e, eventualmente, validar um produto 3D sem ter que o construir fisicamente (FIGUEIRA, 2003).

### 3.2 DHM E SIMULAÇÃO VIRTUAL HUMANA

DHM representa a tecnologia de usar o computador para construir uma representação virtual de uma pessoa para simular movimento e esforços humanos (CHAFFIN, 2001 apud WU; TIAN; DUFFY, 2012). Simulação virtual humana fornece uma representação

virtual rápida dos humanos em um ambiente de trabalho simulado (CHAFFIN; ERIG, 1991, apud HU et al; 2011).

Chaffin (2005 apud WU; TIAN; DUFFY, 2012) resume a análise ergonômica baseada em *Digital Human Modeling* (DHM) contemporâneo como um modelo que inclui ambiente, dados de população, tarefa, e movimento humano como *input* para gerar movimento do manequim digital, que pode gerar a informação de interferência de ajuste/adaptação, linha de visão, e tempo de realização da tarefa. Avaliação ergonômica pode então ser aplicada baseada no movimento do manequim digital para fornecer resultados como força, equilíbrio, resistência, risco de lesões, e desconforto.

Algumas ferramentas de DHM podem calcular os atributos biomecânicos de operações manuais e previsão de fadiga e riscos potenciais. Essas ferramentas analíticas podem ser usadas para identificar e reduzir problemas ergonômicos de um projeto de produto, posto de trabalho, ou trabalho para promover considerações para melhorias ergonômicas e proteger os usuários, em uma fase adiantada do projeto (HU et al, 2011).

A incorporação de um modelo digital que simula as ações humanas no processo de projeto de produto tem sido reconhecida como altamente eficaz no desenvolvimento de *design* de produtos centrados no usuário. O *designer* pode coletar o *feedback* do consumidor baseado em um modelo digital que simule o comportamento humano tanto físico como psicológico na fase inicial do conceito do *design*. Ainda, o humano digital pode apresentar informações úteis como biótipo, dimensões, restrições de movimento, e sequências de operação em um espaço 3D que deve ser levando em consideração no detalhamento do *design*. Permitir ao usuário final, representado pelo manequim, interagir com o modelo do produto, facilita a personalização do produto à medida que o projeto se desenvolve (KUO; CHU, 2005).

Geralmente, é reconhecido que combinar tecnologias 3D CAD com modelos digitais humanos possibilita o uso do *mock-up* digital 3D para avaliação do produto e testes durante todo o ciclo de vida, reduzindo o tempo de desenvolvimento e o custo do produto (CORBO; GERMANI; MANDORLI apud KUO; CHU, 2005).

Apesar de que estudos tenham contribuído muito para o desenvolvimento dos modelos digitais humanos, métodos adequados ao modelamento humano para sistemas CAD ainda não existem em relação aos aspectos de precisão dimensional e confiabilidade dos resultados (BAEK; LEE, 2012). O uso de modelamento humano em sistemas CAD

tipicamente envolve a construção de modelos humanos 3D, usando dados antropométricos publicados ou a partir do escaneamento corporal, e depois avaliar interativamente se esses modelos podem caber, alcançar e ver no posto de trabalho projetado (PORTER et al 1995; 1999, apud PORTER et al, 2004). Bases de dados convencionais não fornecem a riqueza de informações requeridas para pessoas com necessidades especiais ou que fogem do padrão (canhotos, idosos, etc.). Para simular esses indivíduos, é preciso coletar um número muito maior de informações; é necessário coletar dados antropométricos para comprimentos de ligação e as tradicionais como as de dimensão externa e alcances. É preciso saber mais sobre a força de todos os membros para realizar tarefas diárias (PORTER et al, 2004).

DHMs apresentam alguns problemas; um dos problemas citados com frequência é a falta de realismo na aparência humana (JUNG et al, 2009). Em algumas aplicações o movimento é obtido pela cinemática inversa, o que dá ao humano virtual comportamento artificial, similar ao movimento robótico (CHAFFIN; ERIG, 1991 apud HU et al, 2011). A simplificação da estrutura cinemática pode limitar a análise biomecânica da tarefa. Ainda, suas funções de manipulação postural devem ser melhoradas porque alguns DHMs em CAD têm algoritmos de previsão postural ótima limitados ou configuração manual de postura (JUNG, et al.; 2009).

Existem diversos programas computacionais que tratam a Modelagem Humana Digital, com maior ou menor grau de realismo dos manequins, presença de ferramentas de análises e possibilidade de gerar animações. A integração com outras ferramentas tais como: CAD e CAM (*Computer Aided Manufacturing* ou, Manufatura Auxiliada por Computador), planilhas de cálculos, banco de dados e linguagens de programação são outras características fundamentais incorporadas aos atuais programas computacionais, possibilitando customizações no produto (MOURA; VOLPE; TONIN, 2010).

### **3.2.1 Digital Human Modeling (DHM) para sistemas CAD/CAE**

Nos últimos tempos profissionais da área de fatores humanos e ergonomia têm sido chamados para participar do processo de projeto e desenvolvimento no início do processo. A participação antecipada das disciplinas resulta em projetos melhores e mais integrados além de custos mais baixos. O objetivo dos profissionais de fatores humanos e ergonomia deve ser o de fornecer entradas (*input*) bem embasadas em

relação aos homens, suas interações com o sistema, e o desempenho total resultante (LAUGHERY; LEBIERE; ARCHER, 2006).

Segundo os autores, para alcançar o desempenho total, muitas ferramentas e tecnologias de fatores humanos e, ergonomia tem evoluído com os anos, para auxiliar antecipadamente análises e *design*. Como é o caso em muitas áreas da engenharia, um excelente candidato para essa interação é a modelagem computacional e simulação.

Para Nemeth (2004), a simulação é usada para prever sistemas ou parte de sistemas que não existem e permitir aos usuários que experienciem sistemas ou partes de sistemas que são perigosos, complexos e caros. Pela simulação, soluções podem ser examinadas, avaliadas e otimizadas a custo baixo e menor risco às pessoas.

Produtos e sistemas de produção estão rapidamente e constantemente mudando para encontrar as demandas geradas pela competição global. *Design* de produto e planejamento de produção de forma tradicional não é mais suficiente para lidar com essa variação de ciclo de desenvolvimento de produto altamente dinâmico. Sendo assim, o desenvolvimento de produtos e produção virtualmente, com o uso das ferramentas CAD e CAE, está se tornando mais importante (SUNDIN; ÖRTENGREN, 2006).

Ainda de acordo com os autores, a alta diversidade de usuários, o papel que está exercendo e a atividade realizada, destacam a necessidade para o uso de modelos humanos digitais no desenvolvimento de produtos e estações de trabalho. Assim, representações digitais de humanos tem se tornado mais comum. O desenvolvimento de ferramentas de modelo digital humano (*Digital Human Modeling* – DHM) começou nos anos 1960 e têm ganhado destaque nos anos recentes, levando para a melhoria em conteúdo, utilidade, e habilidade de solução de problemas do *software*.

Os primeiros *softwares* de DHM eram principalmente usados para animação gráfica. Sua aplicação aumentou amplamente, sendo hoje utilizados, primeiramente para propósitos industriais, sendo também usados para problemas de consumidor e/ou usuário. O principal objetivo do *software* é promover suporte antropométrico: análises, medidas, e avaliações no *design* do produto e produção, analisando virtualmente alcance, visão etc., antes que qualquer objeto físico seja construído (JUNG et al., 2009; SUNDIN; ÖRTENGREN, 2006).

Segundo Sudin e Örtengren (2006), a tentativa de representar a complexidade do ser humano digitalmente, as funções sendo modeladas incluem tanto aspectos da execução física e cognitiva. O propósito de

um modelo é substituir a realidade com uma forma mais barata ou simples para que as consequências de adições ou manipulações da realidade (produto ou sistema) possam ser estudadas antes que qualquer ação seja decidida ou tomada.

Devido ao desenvolvimento de ferramentas CAE, o uso de ferramentas ergonômicas computacionais se tornou mais comum. Ferramentas de DHM permitem verificar se a tarefa é aceitável ergonomicamente ou não, por prever e analisar quão bem as dimensões de um produto ou sistema produtivo irá adaptar-se às dimensões corporais do futuro usuário e a interação dele com o produto (SUNDIN; ÖRTENGREN, 2006).

De acordo com uma pesquisa de 1996, de Chaffin (2001 apud SUNDIN; ÖRTENGREN, 2006), que listou as características mais desejáveis nos futuros *softwares* de simulação humana, encontra-se, ser capaz de aplicar o programa dentro de vários sistemas CAD, comumente usados em projeto e especificação de produtos, ferramentas e estações de trabalho. Dukic et al (2002 apud SUNDIN; ÖRTENGREN, 2006) aponta para o desejo dos engenheiros industriais que querem a possibilidade de acessar pressão quando aplicado carga, assim como a possibilidade de criação automática de relatórios de simulação.

Sistemas CAD que possam executar *software* de análise biomecânica precisam ser desenvolvidos. Atualmente, a informação dos produtos e humanos é obtida de um sistema CAD que são transferidos para um *software* dedicado à análise biomecânica. No futuro, *softwares* de análises biomecânicas devem ser instalados diretamente no sistema CAD, assim permitindo perfeito acesso a informação do *design* (JUNG et al, 2009).

A maioria dos *softwares* CAD utilizados em projetos de produtos tem como parte de seus pacotes os *softwares* CAE normalmente relacionados à parte de simulações. No caso do projeto de produtos, um *software* CAD/CAE popular é o *SolidWorks*, com as ferramentas CAE alocadas no *SolidWorks Simulation*. Segundo o fabricante, essa plataforma de simulação oferece a possibilidade de configurar ambientes virtuais para que se possa testar o *design* de produtos antes da fabricação; podem ser simulados uma grande variedade de testes como durabilidade, respostas estáticas e dinâmicas, movimento de montagem, entre outros; para avaliar o desempenho do produto e melhorar qualidade e segurança.

### 3.3 SOFTWARES DE ANÁLISE ERGONÔMICA VIRTUAL

Os dados dos próximos itens apresentam informações sobre as ferramentas fornecidas por *softwares* de simulação humana, essas informações foram coletadas das apresentações dos programas disponibilizadas pelas respectivas empresas produtoras, salientando que não se teve acesso aos softwares. A Tabela 3.1 apresenta um comparativo de alguns recursos desses *softwares*.

Tabela 3.1 - Comparativo de recursos de *softwares* de análise ergonômica virtual

	<b>3D SSPP</b>	<b>JACK</b>	<b>SAMMIE</b>	<b>Human CAD</b>
<b>Análise postural</b>	Ângulos e torção dos membros e tronco	Previsão de postura influenciada pela força	Viabilidade de posturas	Análise postural e risco de lesão
<b>Forças e momentos da coluna</b>	Forças de compressão da coluna e análise de lombar	Análise de lombar	-	-
<b>Capacidade de força</b>	Sim	Sim	-	-
<b>NIOSH</b>	Sim	Sim	-	Opcional
<b>RULA</b>	-	Sim	-	-
<b>OWAS</b>	-	Sim	-	-
<b>Análise de fadiga</b>	-	Estática e tempo real	-	-
<b>Gasto de energia metabólica</b>	-	Sim	-	-
<b>Alcance</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Análise de conforto</b>	-	Sim	Postural	Sim
<b>Campo de visão</b>	-	Sim	Sim	Sim
<b>Amplitude movimento</b>	-	-	Definida pelo usuário	-
<b>Integração com CAD</b>	-	-	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.3.1 3D Static Strength Prediction Program (3D SSPP)

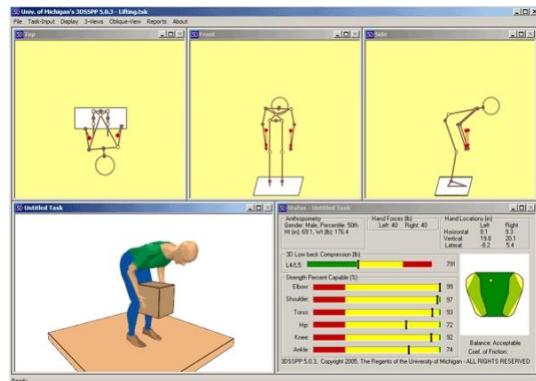
O *software 3D Static Strength Prediction Program* (programa de previsão de força estática) foi desenvolvido pelo Centro para Ergonomia da Universidade de Michigan, com o objetivo de analisar tarefas de manipulação manual de materiais.

O *software 3D SSPP* prevê requisitos de força estática para tarefas como levar, pressionar, empurrar e puxar. O programa fornece uma simulação aproximada do trabalho que inclui dados de postura, parâmetros de força e antropometria. Resultados incluem a porcentagem de homens e mulheres que tem a força para executar o trabalho descrito, forças de compressão da coluna e comparação de dados às guias NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health – Lifting equation*). O usuário pode analisar torções e inclinações do torso e fazer entradas de força das mãos. A análise é auxiliada por uma ferramenta que gera automaticamente a postura e ilustrações tridimensionais de humanos.

O *3D SSPP* pode ser usado como auxílio na avaliação das demandas físicas de um trabalho prescrito. O *software* é mais útil na análise de movimentos ‘lentos’ ocorridos em tarefas de manuseio de materiais pesados já que a computação biomecânica pressupõe que os efeitos da aceleração e momento são desprezíveis. Tal tarefa pode ser avaliada melhor se dividir a atividade em uma sequência de posturas estáticas e analisar cada postura individualmente. O programa não deve ser usado como única determinação da execução de forças do trabalhador ou projetos de trabalho baseados nessa execução. Outro critério e julgamento profissional são necessários para projetar apropriadamente um trabalho seguro e produtivo.

No *software 3D SSPP*, as análises realizadas são feitas a partir de posturas pré-determinadas; a análise é feita a partir de postura adotada em um momento, uma imagem estática. A Figura 3.1 apresenta a representação gráfica do modelo humano em análise no *software*. Para a análise é inserido no programa o ângulo dos segmentos do corpo, localização das mãos, e magnitude da força das mãos e a direção. Os dados antropométricos apresentam comprimento e peso dos segmentos do corpo e centro gravitacional. A postura é calculada por análise vetorial dos ângulos inseridos na definição da postura a ser analisada, as articulações também são localizadas e calculado o momento resultante sobre as principais articulações. O mesmo ocorre nos segmentos da coluna, a compressão de discos (L5/S1), força de cisalhamento da lombar e tensão estimada do ligamento da lombar.

Figura 3.1 - Representação do modelo humano na análise da tarefa no 3D SSPP



Fonte: site 3D SSPP.

O software *3D SSPP* apresenta uma análise mais focada nos requisitos de força estática para tarefas como levar, pressionar, empurrar e puxar; apresentando nos seus resultados dados mais quantitativos, como a porcentagem da população com força suficiente para realizar as tarefas, os vetores e os momentos resultantes das cargas e forças em diversos pontos do corpo. Os resultados entregues pelo *3D SSPP* não dão muitas referências para a melhoria do projeto de produto, é um programa muito mais focado na ergonomia do trabalhador no processo produtivo. Como a própria empresa responsável pelo *3D SSPP* coloca, ele não deve ser utilizado como única referência para a determinação das forças de um trabalho. É um programa que fornece muitas informações relevantes na análise de execução de uma tarefa mapeando as forças e momentos. O *3D SSPP* se demonstra como uma ferramenta para um estudo preliminar ou complementar de um estudo maior dos fatores humanos de um projeto.

### 3.3.2 Jack

*Jack* foi originalmente desenvolvido na Universidade da Pensilvânia, sendo hoje distribuído pela *Simulation Solutions*.

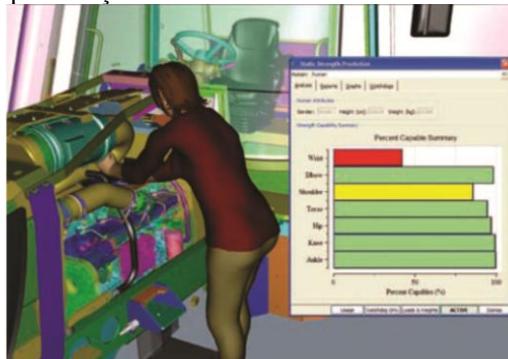
*Jack* é uma ferramenta de modelamento humano e simulação que possibilita a análise de possíveis melhorias na ergonomia do produto projetado e para refinar as tarefas industriais. *Jack* permite o dimensionamento do modelo humano para corresponder à população dos

trabalhadores, assim como testar os *designs* para vários fatores humanos, incluindo risco de lesões, conforto do usuário, alcances, linha de visão, gasto de energia, fadiga, limites e outros parâmetros importantes.

O *software* permite direcionar o modelo humano no produto virtual 3D e ambiente de trabalho. Quando uma tarefa tiver sequências definidas para o modelo humano, pode-se testar cenários trocando os modelos humanos em diferentes tamanhos, movendo objetos no ambiente ou mudando o peso de um objeto. Posturas humanas e movimentos são automaticamente recomputados para refletir a atualização da cena. A simulação fornece relatórios da análise ergonômica e estimativas de tempo.

O *software* *Jack* permite animações e vídeos das tarefas, também tem pacotes opcionais que permitem a captura de movimentos e interação com Realidade Virtual. Os modelos seguem dados antropométricos de bases de dados de variadas nacionalidades. O programa fornece a análise do campo de visão e dos envelopes de alcance, estudo do espaço livre para mãos e de interferências. Dentre as análises biomecânicas disponibiliza análise de torque e força, análise da lombar, RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*), NIOSH, OWAS (*Ovako Working Posture Analysing System*), análise de fadiga estática e em tempo real, gasto de energia metabólica, previsão estática de força (avalia o percentual de uma população trabalhadora que tem a força necessária para realizar a tarefa), análise manual de objetos – limites, avaliação de conforto das posturas previstas. A Figura 3.2 mostra a análise de uma tarefa no *software*.

Figura 3.2 - Representação do modelo humano na análise da tarefa no *Jack*.



Fonte: *Site Jack*.

*Jack* se mostra um *software* completo, analisando produto e ambiente de trabalho, demonstrando a interação do usuário com os elementos, demonstrando as áreas de alcance e o que está na linha de visão do usuário. Esse programa se comunica mais diretamente com o cenário de desenvolvimento de produtos e *design*.

### 3.3.3 SAMMIE

O sistema SAMMIE é uma ferramenta CAD 3D de ergonomia que permite projetistas e engenheiros produzirem modelos funcionais 3D de estações de trabalho e equipamentos e conduzir avaliações ergonômicas deles com qualquer número de variáveis de modelos humanos. SAMMIE possibilita a avaliação de ajustes homem-artefato, alcance, visão, conforto postural e espelhos (claridade refletida) para a população de usuários potenciais, conceito mais efetivo nas fases de conceituação ou desenvolvimento do processo de projeto.

As áreas de atuação do *software* incluem o projeto e layout de equipamento e mobília em áreas públicas, escritórios e casas, avaliação de interiores para todos os tipos de veículos; projeto de painéis de controle; campo de visão, avaliações de reflexão e espelhos; avaliação de segurança e manutenção etc.

O *software* SAMMIE apresenta algumas características vantajosas que auxiliam o projeto e as análises ergonômicas de projeto. Permite a construção de conceitos de produtos no *software* ou importados de um sistema CAD externo e acessado rapidamente. Uma gama completa de manequins humanos pode ser criada para simular qualquer idade, sexo, nacionalidade, e biótipo. O sistema suporta análises 3D de tarefas complexas e os problemas ergonômicos podem ser investigados por todo processo do projeto.

Menus ‘criar’ e ‘local de trabalho’ ajudam o usuário a desenvolver modelos funcionais a partir do mínimo de informações de projeto nas fases iniciais do processo de projeto. Isso permite usuários a construir rapidamente modelos funcionais de locais de trabalho que são detalhados o suficiente para permitir avaliações ergonômicas. O usuário é capaz de escolher para representar itens do local de trabalho em uma forma que melhor se adéqua os requerimentos da avaliação específica permitindo modificações rápidas para modelar itens no evento que os problemas ergonômicos são identificados durante a avaliação. Dados de outros sistemas CAD também podem ser importados e exportados do ambiente do SAMMIE, permitindo dados existentes serem reutilizados.

SAMMIE é um sistema orientado de dados permitindo usuários controlar a antropometria e limites do movimento articular do modelo humano a partir de conjunto de dados disponíveis. O sistema inclui um número de bases de dados e padrões de homens e mulheres, civis e militares. Também permite criar novos conjuntos de dados a partir de antropometrias encontradas em literatura. Modelos humanos podem ser criados diretamente de dados pegos de sujeitos usando o método padrão. Todo o corpo ou partes separadas do corpo podem ser variados interativamente a partir dos percentis 1% e 99% para qualquer conjunto de dados populacionais ou especificados diretamente como comprimento de membro em milímetros. O modelo humano tem 23 segmentos corporais e 21 articulações restrinvidas e são capazes de uma gama completa dos movimentos normais humanos. As amplitudes de movimentos das articulações podem ser restrinvidas para refletir amplitudes de articulação aceitáveis ou confortos preferidos dentro do normal ou para refletir efeitos de restritivo de roupas ou deficiências físicas. As posturas previstas podem ser quantificadas em termos de flexão/extensão abdução/adução e rotação lateral/medial das articulações representadas.

### **3.3.3.1 HADRIAN**

Com as mudanças recentes da legislação Americana e do Reino Unido (*Disability Discrimination act 1995*), projetistas são solicitados a ter mais cuidado e atenção às necessidades e capacidades dos usuários com várias deficiências ao desenvolver produtos e serviços. SAMMIE CAD é capaz de prover suporte para o *design* e desenvolvimento de equipamento especializado ou para o conceito de *Design* para todos, onde usuários com deficiências são considerados como parte de toda a população de uso. SAMMIE CAD também colaborou com o Grupo de *Design* Ergonômico da Universidade de Loughborough, em vários projetos de *design* inclusivo, dentre eles o HADRIAN.

Existe uma necessidade para novas abordagens que possam dar suporte de forma eficaz aos projetistas quando procuram desenvolver um ‘*design* para todos’. Provendo ao projetista com dados apropriados sobre seu público/usuários alvo é um requisito importante quando se deseja que as necessidades do usuário sejam atendidas no projeto de produtos (PORTER et al, 2004). Os autores abordam a coleta e disponibilização desses dados tomando uma direção nova – o levantamento de uma ampla gama de dados de indivíduos cobrindo uma grande variedade de idades e habilidades. Isso se difere dos dados de população disponíveis de forma

ampla (como tabelas de valores de percentil) por fornecer uma base de dados holística e robusta que é ideal para análises complexas e multivariadas que devem ser realizadas para avaliar as capacidades dos usuários (PORTER, 2001 apud PORTER et al, 2004).

HADRIAN (*Human Anthropometric Data Requirements Investigation and Analysis*) é uma ferramenta de projeto ergonômico desenvolvida pelo Grupo de *design* ergonômico da universidade de Loughborough. HADRIAN se dirige às falhas dos dados antropométricos existentes, especialmente para indivíduos com capacidades bastante específicas e necessidades como as dos idosos ou deficientes.

Segundo Porter et al (2004), HADRIAN consiste em uma base de dados multivariada contendo a antropometria 3D e habilidades funcionais de uma ampla gama de pessoas, junto com a metodologia para explorar o uso desses dados. Essa nova abordagem foi para criar uma base de dados computacional de indivíduos para que análises multivariadas possam ser conduzidas em uma vasta gama de pessoas reais de todas as idades, habilidades, e biótipos.

O *software* contém dados de antropometria, mobilidade de articulações, volumes de alcance, e posturas baseadas na capacidade de tarefas para 100 pessoas. Dessas 100 pessoas, a maioria é mais velha ou com deficiências e são mantidas como indivíduos na base de dados. Esses dados podem, então, ser usados para informar decisões de projeto por destacar os problemas de capacidades dos indivíduos dentro da população.

Além das antropometrias mais tradicionais e medidas de mobilidade de articulações, a base de dados contém dados de capacidades de tarefas em uma diversidade de tarefas da cozinha. Atividades de cozinha foram identificadas pelos idosos e deficientes entrevistados como sendo importante para qualidade de vida. A habilidade de realizar as tarefas foi gravada para a base de dados. Somado a habilidade de realizar as tarefas, a forma como as tarefas foram executadas também foram gravadas. Esse comportamento foi convertido em um código postural que pode ser usado para prever o comportamento para atividades similares em situações diferentes.

### **3.3.4 HumanCAD**

HumanCAD é uma solução de modelamento humano desenvolvida pela NexGen Ergonomics Inc, que cria manequins digitais

em um ambiente tridimensional em que uma variedade de análises ergonômicas e de fatores humanos podem ser realizadas. HumanCAD ajuda os usuários com o *design* de produtos e de locais de trabalho por determinar quais pessoas de diferentes tamanhos podem ver, alcançar, ou levantar os objetos.

HumanCAD inclui em suas configurações a cinemática inversa e progressiva, criação de humanos digitais usando uma variedade de biblioteca e base de dados, visão e análise de alcance. As ferramentas de avaliação ergonômica do HumanCAD gera dados do potencial de risco de lesão e análise postural. Outra ferramenta de fatores humanos auxiliam na determinação do alcance, visão, conforto e requerimentos de ajuste.

O *software* apresenta a ferramenta de tecnologia de modelamento digital de humanos em que é possível determinar a compatibilidade entre usuário, produtos e locais de trabalho antes que sejam construídos. Corporações fabris, empresas de *design* de produtos, organizações governamentais, consultores *forensic*s e universidades tem utilizado essa solução de modelo digital humano. O HumanCAD e a NexGen são parceiros de soluções da SolidWorks.

Dentre as configurações do programa se encontra uma base de dados antropométricos extensivos de homens, mulheres e crianças. A antropometria tem controle semiautomático, os valores para altura e peso para um modelo podem ser colocados manualmente, enquanto os segmentos corporais restantes são dimensionados de acordo. Dimensões de segmentos corporais individuais podem ser colocadas manualmente para gerar um modelo antropométrico específico.

Os manequins do *software* apresentam corpo completamente articulado dentro da amplitude de movimento humano. Possui biblioteca com corpo e postura de mãos do manequim pré-definidas; ponto de alcance e de visão do manequim; chão digital com recurso do manequim prender ao chão (*snap-to-floor feature*).

Dentre os recursos do HumanCAD se tem as análises ergonômicas e de espaço que engloba pacotes de alcance para mãos e pés; análise da visão do manequim com janelas de visualização de visão (representação 3D para campo de visão, cones de visão); medidas são atualizadas automaticamente quando a cena 3D muda, por exemplo, quando partes são movidas ou manequins são redimensionados. O programa oferece como um recurso opcional a equação de levantamento NIOSH e opções de modelos biomecânicos múltiplos com interface para o 3D SSPP da Universidade de Michigan.

### 3.4 SOLIDWORKS®

Devido à qualificação dos profissionais de projeto encontrados no mercado de trabalho, parte com conhecimentos restritos de métodos matemáticos avançados, as grandes empresas desenvolvedoras das plataformas CAD/CAE, têm sido levadas a gerar interfaces de fácil aplicação, com algoritmos extremamente complexos, capazes de simplificar bastante o trabalho do projetista, capturando do modelo a maioria das informações necessárias, como é o caso do pacote *SolidWorks®*(SW) (FIALHO, 2008).

*SolidWorks®* é um pacote de *software* de automação de projetos mecânicos usado para construir partes, montagens e desenhos. É uma ferramenta de projeto e análise de fácil aprendizagem, que possibilita projetistas a rapidamente desenhar conceitos 2D e 3D, criar partes e montagens tridimensionais e detalhar desenhos técnicos (PLANCHARD; PLANCHARD, 2010). Além da fácil aprendizagem do programa, outro fator que influência na popularidade do SW é que sua licença é de custo muito mais baixo que programas similares, segundo Figueira (2003).

A maior parte dos *softwares* CAD existentes no mercado permitem a sua programação. A utilização dessas linguagens simples e acessíveis a utilizadores normais permitem desenvolver aplicações próprias, de forma a acelerar e a automatizar os seus processos de trabalho. O SW tem flexibilidade e capacidade de adaptação a qualquer área técnica. O desenvolvimento de aplicações específicas para SW não exige que se seja especialista em informática, apenas que possua razoáveis conhecimentos como utilizador do programa (FIGUEIRA, 2003).

A integração entre Windows e o SW permite a compatibilidade com outras aplicações. Assim é possível, por exemplo, criar uma folha de cálculo de Excel, cujos valores representam as dimensões da geometria criada no SW. Qualquer alteração no Excel origina a atualização automática da geometria (FIGUEIRA, 2003).

#### 3.4.1 *SolidWorks® Simulation*

*SolidWorks® Simulation* é a plataforma de simulação do SW. Segundo o seu distribuidor - *Dassault Systèmes* - com o SW *Simulation* exclui-se o risco e o substitui por um espaço de trabalho para testar

virtualmente suas novas ideias, desenvolver novos projetos e acelerar a comercialização de seus produtos no mercado.

Este conjunto de ferramentas de simulação está integrado ao ambiente do SW, permitindo aos projetistas e especialistas em simulação efetuarem análises a cada estágio do desenvolvimento. Por meio da visualização de resultados, pode-se estudar as forças que afetam o projeto, exibindo tensões, deslocamento, velocidade de fluido, pressões e temperatura. Pode ser calculadas medidas para qualquer ponto, superfície ou volume, e depois criar gráficos e listar os resultados. O SW *Simulation* fornece uma gama de ferramentas para análise da estrutura, movimento e multifísica das peças e montagens, ou a exploração da dinâmica de fluidos e fluxo de calor ao redor e em todo o projeto.

Em estudos acadêmicos são encontrados artigos de áreas diversas, como engenharia e medicina computacional, que utilizam o SW para cálculos de método de elementos finitos (*Finite Elements Method – FEM*).

## CAPÍTULO IV

### 4 MÉTODO

#### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

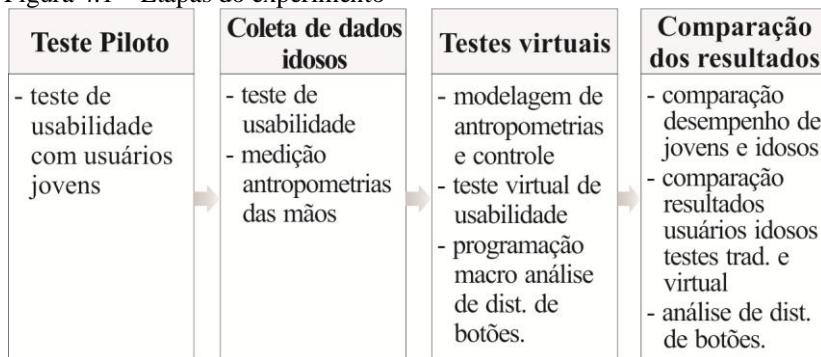
O método adotado nesta pesquisa é o método hipotético-dedutivo, defendendo-se o aparecimento do problema e conjecturas que devem ser testados pela observação e experimentação (LAKATOS, MARCONI, 2011). A análise do teste de usabilidade tradicional utilizou-se da observação para obtenção dos dados de sucesso da tarefa e número de reposicionamentos necessários para realizar a tarefa. Para o teste virtual foi executada uma experimentação ao se simular o teste realizado anteriormente de forma tradicional para comparar esses os dados alcançados e, assim, procurar a corroboração da hipótese de que os resultados destes testes não apresentam diferenças estatísticas significativas.

Foi efetuado um estudo descritivo dos indivíduos da pesquisa e, posteriormente, foi elaborado um estudo comparativo dos resultados do teste de usabilidade, realizado tradicionalmente, e o realizado em plataforma virtual. Para a implementação do teste virtual foi necessária a coleta de dados de medidas antropométricas de mãos e angulação flexão máxima das articulações dos polegares de idosos (com idade entre 60 e 85 anos).

Esse trabalho está em conformidade com a Resolução 466/2012/CNS/MS e foi aprovado pelo Comitê de Ética da UDESC (Número CAAE 21379913.2.0000.0118).

O experimento realizado nessa pesquisa se dividiu em quatro etapas principais: teste piloto com público jovem; coleta de dados antropométricos e realização do teste com público idoso; modelamento e realização dos testes em plataforma virtual; e, por fim, comparação dos resultados dos testes tradicional com o estudo realizado em plataforma virtual (Figura 4.1). Na ultima etapa do experimento foram utilizados os dados do teste piloto, os resultados alcançados com o público jovem auxiliaram a análise dos resultados encontrados com o público idoso, especialmente para reinterar as diferenças de medidas entre gênero e faixa etária. A partir dessa comparação entre os grupos jovens e idosos pode se ter maior clareza de qual variável é mais representativa na avaliação da similaridade dos resultados entre os testes tradicional e virtual.

Figura 4.1 – Etapas do experimento



Fonte: Elaborado pela autora.

A atividade realizada pelos sujeitos pesquisados foi pressionar teclas determinadas do controle remoto segurando o objeto da forma que estivesse mais confortável ao usuário. O uso do controle remoto foi escolhido para o teste, pois segundo a pesquisa de Strehlau, Bacha, Lora (2006), que tinha como objetivo identificar quais atividades de lazer as pessoas da terceira idade se dedicam com maior frequência e agrupá-las segundo faixa etária, renda média e gasto médio; dos 700 participantes com 60 anos ou mais, todos declararam assistir à televisão como uma das atividades de lazer mais frequentes.

Nesse teste foram medidos sucesso da tarefa, tempo de sua realização, e número de reposicionamentos necessários para efetuá-la. Para a métrica tempo de realização da tarefa o tempo é contado a partir da solicitação do acionamento do botão ligar. O número de reposicionamentos necessários se dá pelo número de vezes que o indivíduo muda o local de apoio do controle remoto na mão.

Para a métrica do sucesso da tarefa, se tem como foco a questão da limitação de movimentos que ocorre com o envelhecer e como isso pode afetar no acionamento de botões, indesejadamente, podendo-se apertar mais de um botão ao mesmo tempo. O sucesso da tarefa se dará pelo pressionamento apenas das teclas indicadas. Caso o indivíduo realize a tarefa com auxílio do mediador, será considerada realização parcial da tarefa (sucesso parcial com auxílio). Se o indivíduo, ao realizar a tarefa cometer erros, como acionar um botão que não corresponde ao solicitado, a tarefa será de realização parcial com erros. O indivíduo que não conseguir realizar a tarefa pressionando apenas o botão solicitado e acionando mais de um botão, ou no caso dos botões de

canal e volume, nos quais o mesmo botão é dividido em duas regiões, para aumentar ou diminuir, e se for pressionada no meio do botão (região neutra), a tarefa não foi realizada com sucesso.

#### 4.2 INDIVÍDUOS DO ESTUDO

Os indivíduos deste estudo são homens e mulheres, com idade entre 60 e 85 anos, pareada por sexo. Os indivíduos são residentes da Grande Florianópolis. Os participantes dessa pesquisa não apresentam registros de doenças musculoesqueléticas, neurológicas graves, ou baixa acuidade, e possuem controle sobre outras possíveis doenças, como diabetes e hipertensão.

A coleta de dados foi realizada junto ao Grupo de Estudos da Terceira Idade (GETI), do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte (CEFID), da UDESC, através da parceria estabelecida entre o GETI e o Grupo de Pesquisas Ergonômicas em *Design* (GPED), do qual esta pesquisa faz parte. O GETI oferece à população idosa da comunidade diferentes projetos com enfoque em atividades físicas, artístico-culturais, educacionais, e fisioterapêuticas.

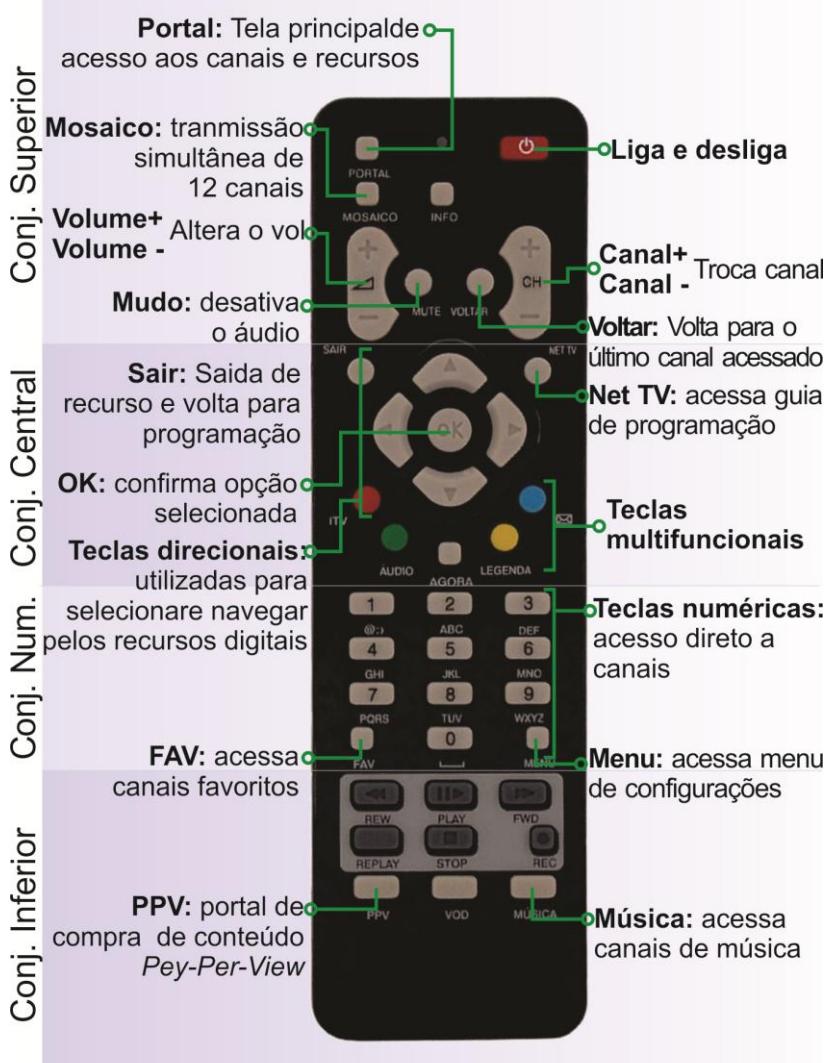
Para a amostragem foram coletados dados de 28 sujeitos que se enquadram na população desejada, e participam das atividades desenvolvidas pelo GETI e que voluntariamente aceitassem participar do estudo, assinando o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE).

Para a primeira fase do experimento foi feito um teste com 12 adultos jovens de 18 a 40 anos, que assim como os idosos aceitaram voluntariamente participar do estudo, assinando o TCLE. Os jovens participantes se declararam saudáveis, e não apresentam doenças musculoesqueléticas ou baixa acuidade. Esses jovens participaram como parte de uma atividade realizada na disciplina de Ergonomia aplicada ao *Design* Industrial, ministrada no curso de graduação em *Design* Industrial da UDESC.

#### 4.3 INSTRUMENTOS DO ESTUDO

Para o estudo foram utilizados o TCLE (Apêndice I), o termo de consentimento de para uso de imagens (Apêndice II) e uma ficha cadastral para coletar dados como nome, idade, se possui doenças musculoesqueléticas, qual a mão dominante e questionário pós-teste (Apêndice III), controle remoto de grande presença no mercado (controle de operadora de TV a cabo – NET, Figura 4.2).

Figura 4.2 – Controle remoto usado no estudo



Fonte: Adaptado de *Image Shack* (2014).

Também foram utilizados para a coleta de dados uma câmera fotográfica (*Sony Cyber-Shot DSC-w510*) e filmadora (*Sony Super Steady Shot HDR-SR11*) de alta resolução e tripés para fotografar as

mãos e filmagem do teste de usabilidade; um retículo acrílico quadriculado com espaçamento de 5mm entre as linhas para calibração da imagem; uma estrutura para manter o retículo perpendicular à superfície de apoio, um paquímetro de 150mm e um goniômetro.

Os *softwares* Kinovea para obtenção das medidas das mãos, e o *software SolidWorks®* para o desenvolvimento do teste virtual de usabilidade.

#### 4.4 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os dados desse trabalho foram coletados em três momentos, teste piloto, teste de usabilidade e medição de antropometrias com os indivíduos idosos, e a modelagem das antropometrias e execução do teste tradicional de forma virtual na plataforma do *software SW*. Na etapa de testes virtuais também foi feita uma análise de distanciamento de botões do objeto de estudo

##### 4.4.1 Teste piloto

O teste piloto foi realizado no dia 2 de outubro de 2013, no laboratório de pesquisas ergonômicas, do Centro de Artes. Para essa etapa foi solicitado aos jovens para que realizassem a tarefa de manuseio de controle remoto. A tarefa solicitada aos usuários foi o acionamento de uma série de botões em localizações variadas, fazendo com que o usuário passe por todas as faixas do controle. As teclas escolhidas para o acionamento durante o teste de usabilidade foi planejado para não apresentar diferenças na utilização por destros e canhotos, não interferindo no desempenho dos indivíduos.

O objetivo desse teste piloto com os jovens foi perceber possíveis melhorias no protocolo do experimento e a observação da interação dos usuários com o objeto de estudo, assim como o seu desempenho na realização da atividade.

O teste de usabilidade piloto seguiu a seguinte sequência:

1. Apresentação e assinatura do TCLE e consentimento de uso de imagens e dados cadastrais (Apêndice I, Apêndice II, Apêndice III).
2. Acomodação do sujeito na posição sentada, ficando de lado para a câmera filmadora.
3. Realização da tarefa com a sequência de acionamentos das teclas: ligar/desligar, 2, 5, 0, ok, ch<sup>+</sup>, vol<sup>-</sup>.

4. Aplicação do questionário de pós-teste sobre a percepção do usuário diante da atividade.

Esse teste foi filmado para análise da atividade, no qual foram observadas as variáveis medidas neste estudo.

#### 4.4.1.1 Resultados do Teste Piloto

Esse teste foi realizado com 12 estudantes, sendo seis do sexo masculino e seis do feminino, dois eram canhotos (um de cada sexo), apresentando uma média de idade de 22,6 anos. Durante o teste nenhum dos participantes solicitou ajuda, porém quatro dos sujeitos cometem erros.

Dos participantes que cometem erros, três deles tiveram um erro (trocaram o botão de ch+ pelo botão de seta para cima) e um único participante teve dois erros (trocou o botão ch+ pela seta para cima e o botão vol- pela seta para esquerda). Esses erros podem ter ocorrido pela similaridade cognitiva das teclas e pelo posicionamento dos botões com as setas, que em alguns controles com botões similares em posicionamento similar são botões com as funções de volume e canal. Para evitar esses erros optou-se por apresentar o controle usado no experimento, apontando uma localização generalizada dos botões para os usuários idosos.

Os gráficos e as tabelas a seguir apresentam os resultados gerais das métricas tempo da tarefa (Tabela 4.1), número de reposicionamentos do controle necessários para realizar a tarefa (Tabela 4.2), sucesso da tarefa (Gráfico 4.1), e das respostas das questões pós-teste (Gráfico 4.2), Questão 1: Conhecia o controle remoto, Questão 2: Sentiu necessidade de reposicionar o controle durante a atividade, Questão 3: Apresentou dificuldade de identificar alguma das teclas, Questão 4: Teve algum desconforto para efetuar a tarefa, Questão 5: Apresentou alguma outra dificuldade na realização da tarefa.

Tabela 4.1 - Tempo de realização de tarefa

Tempo de tarefa (s)	Mín.	Máx.	Média	Mediana	DP	IC lower	IC upper
<i>Homens</i>	8	18	11,33	11,00	3,70	7,43	15,24
<i>Mulheres</i>	8	17	13,00	13,50	3,16	9,68	16,32
<i>Jovens (ambos gêneros)</i>	8	18	12,16	12,00	3,40	10,00	14,33

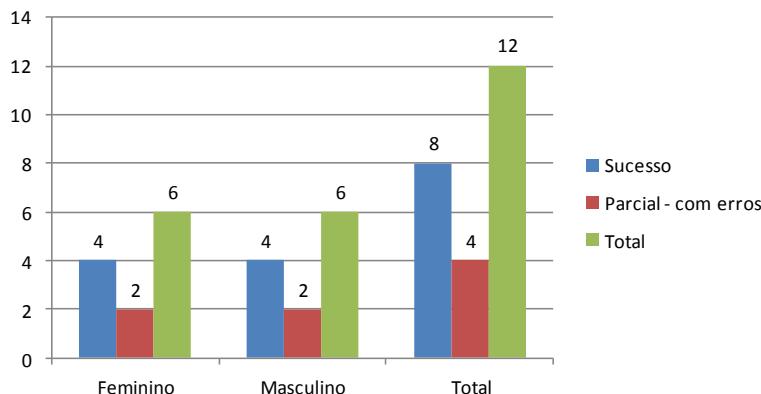
Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 4.2 – Número de reposicionamentos necessário para realizar tarefa

Nº reposicionamentos	Mín.	Máx.	Média	Mediana	DP	IC lower	IC upper
<i>Homens</i>	0	1	0,67	1	0,51	0,12	1,21
<i>Mulheres</i>	0	3	1,00	1	1,09	-0,15	2,15
<i>Jovens (ambos gêneros)</i>	0	3	0,83	1	0,83	0,30	1,36

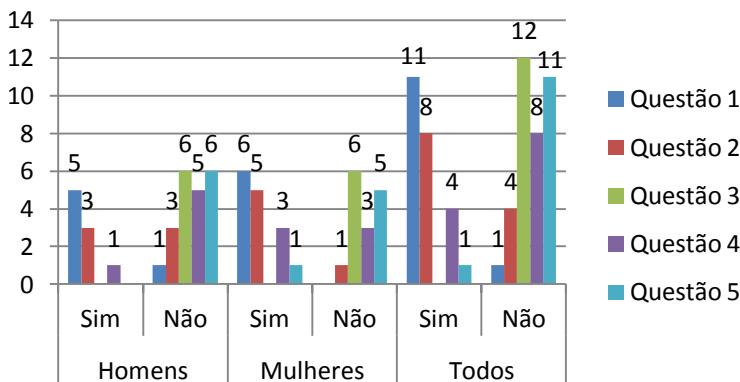
Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico 4.1 – Sucesso da tarefa



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 4.2 – Frequências respostas questionário pós-teste



Fonte: Elaborado pela autora.

Com esses dados, pôde-se perceber que o sucesso da tarefa se apresenta igual para homens e mulheres com o mesmo número de sucessos totais e parciais com erros, no entanto, pela média, os homens tendem a realizar a tarefa em menos tempo, sendo que o menor tempo encontrado (8s) é o mesmo para homens e mulheres e o valor máximo apresenta uma diferença de apenas 1 segundo. O número de reposicionamentos indica, pelos números máximos e mínimos encontrados, que as mulheres tendem a ter um número maior de reposicionamentos.

As respostas do questionário pós-teste demonstram que os usuários não apresentaram dificuldades para identificar os botões, no entanto quatro desses participantes cometeram erros por não identificarem corretamente os botões solicitados. As questões relacionadas ao conforto e dificuldades de realizar a tarefa indicam que a maior parte dos participantes não sentiu desconforto ou dificuldade para realizar a tarefa. Quanto aos que responderam sentir desconforto ou dificuldade, a observação das atividades sugere que a sensação esteja relacionada a necessidade de mudar o posicionamento do controle remoto para completar a tarefa.

#### 4.4.2 Coleta de Dados

A segunda etapa do experimento, com o público idoso, foi realizada junto ao GETI, nos dias 4 e 5 de dezembro de 2013, nesses dias os idosos que participam das atividades oferecidas pelo grupo participam de uma bateria de testes para avaliação física. No teste de força de preensão, foram selecionados sujeitos aptos a participar da pesquisa – sendo observados os critérios para eleição dos sujeitos, previamente definidos.

Para essa etapa foi adotado o seguinte protocolo:

1. Assinatura do TCLE e preenchimento de ficha cadastral.
2. Acomodação do sujeito na posição sentada, ficando de lado para a câmera filmadora.
3. Apresentação ao sujeito do objeto de estudo, apresentando as regiões do controle onde se encontram as teclas que serão solicitadas durante a realização da tarefa. Essa apresentação foi uma medida tomada para minimizar o numero de erros na tarefa.
4. Solicitação para a realização da tarefa de acionar os botões. A realização dessa atividade foi filmada.
5. Aplicação do questionário de pós-teste sobre a percepção do usuário diante da atividade.

6. Destaque com caneta hidrográfica preta dos pontos onde se localizam as articulações na área palmar.
7. Posicionamento da mão dominante aberta com os dedos juntos sobre o retículo quadriculado com marcações espaçadas em 5mm, esse retículo mantém o sistema calibrado.
8. Posicionamento da câmera fotográfica de alta resolução perpendicularmente à área palmar e fotografar.
9. Repetição dos itens 7 e 8 para a mão espalmada.
10. Medição com goniômetro as flexões máximas das articulações interfalangianas do polegar.
11. Com paquímetro, medir as dimensões da ponta do polegar, o diâmetro das articulações dos polegares e espessura da mão.

A sequência de acionamentos para o teste de usabilidade foi a mesma da atividade realizada com o público jovem no teste piloto. Com as fotos das mãos foram realizadas medidas através do *software* Kinovea, as medidas feitas seguem as medidas básicas indicadas na Figura 2.6, sendo que as medidas correspondentes aos números 11, 14, 16, 19 e 20 não foram efetuadas.

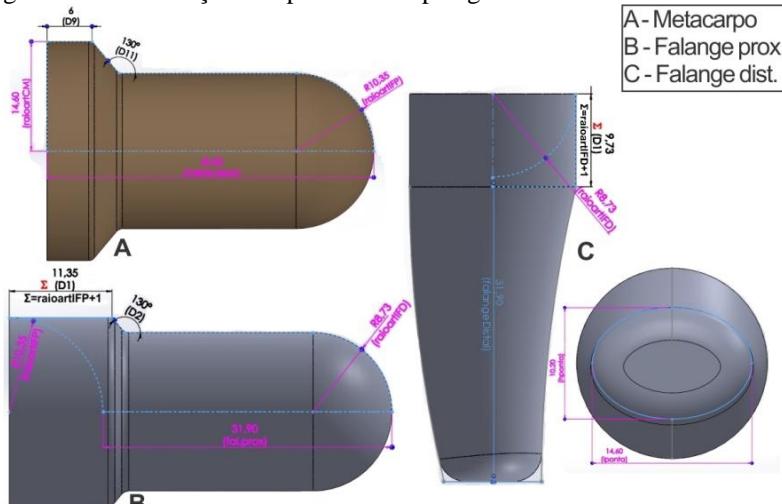
Os indivíduos que participaram do estudo foram apresentados e preencheram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) e o Consentimento para fotografias, vídeos e gravações. Todos os testes e coletas de dados foram realizados em um dia pré-agendado com os sujeitos que aceitaram participar da pesquisa.

A coleta de dados dessa pesquisa foi de medidas não invasivas e a realização de uma atividade do cotidiano dos sujeitos pesquisados, sendo assim, caracterizavam-se por oferecer riscos mínimos. Os participantes foram orientados de que não precisariam realizar os testes e que, a qualquer momento, poderiam retirar o seu consentimento de participação, caso os procedimentos gerassem algum tipo de constrangimento ou desconforto.

A terceira etapa consistiu no modelamento virtual das antropometrias em plataforma CAD (*SolidWorks®*). As medidas dos polegares dos idosos foram modeladas no *software* definido, foi criado um modelo virtual para a simulação da tarefa. Para a modelagem do metacarpo, falange proximal e distal do polegar foram utilizadas as medidas da espessura da mão, diâmetro das articulações interfalangianas proximal e distal, medidas da ponta do polegar e o comprimento dos segmentos que compõem o polegar para dimensionar os seus respectivos componentes simulados na modelagem. A Figura 4.3 mostra a construção do metacarpo e falanges. Para a modelagem foi utilizado o

recurso de tabela de projeto para que cada configuração derivada represente as antropometrias de um dos indivíduos participantes do teste real.

Figura 4.3 - Construção componentes do polegar



Fonte: Elaborado pela autora.

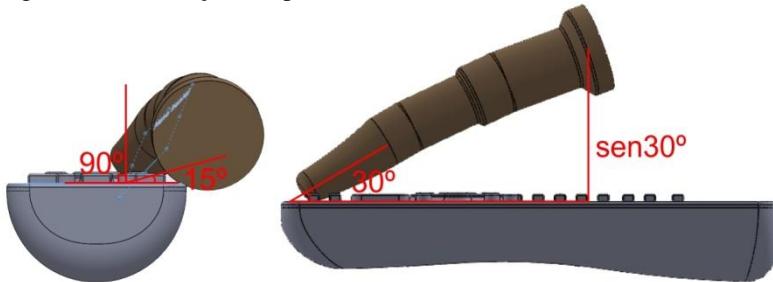
Com a modelagem de uma réplica do controle utilizado nos testes com jovens e idosos e o modelamento aproximado do polegar dos indivíduos idosos, foi elaborado um arquivo de montagem no programa SW. O controle é posicionado de forma fixa, com a origem da peça coincidente com a origem do arquivo de montagem alinhando os planos. Na junção do metacarpo e falange proximal e entre flanges proximal e distal foram efetuados posicionamentos concêntricos e posicionamento avançado de angulação entre os planos superiores, onde para cada indivíduo foi atribuído uma angulação mínima e máxima para cada indivíduo, representando uma faixa de flexão de conforto.

Com a análise do comportamento de uso do controle e as medidas das flexões máximas dos indivíduos foi determinada a faixa de flexão de conforto para as articulações interfalangianas proximal e distal de cada indivíduo. Para determinar as faixas de conforto foi diminuído 3° dos limites (máximo e mínimo), sendo a flexão mínima ou de repouso para a articulação interfalangiana proximal de 0° (segundo o apontado por Settineri (1988) para a extensão ativa de 0°) e a máxima se dá pela

medida tomada com o goniômetro no usuário  $-3^\circ$ . O mesmo se aplica para a flexão máxima da articulação interfalangiana distal, sendo que flexão de repouso é de  $8^\circ$  ( $5^\circ$  indicado por Settinieri (1988),  $+3^\circ$ ).

Foram realizados posicionamentos para impossibilitar que algumas posições fossem adotadas pelo modelo de polegar, essas posturas foram restritas por serem posições que o usuário não conseguiria adotar ou seriam desconfortáveis. O primeiro posicionamento restritivo foi um posicionamento avançado de angulação entre o plano frontal das falanges e a face da superfície do controle remoto, sendo a angulação mínima de  $15^\circ$  e a máxima de  $90^\circ$  (perpendicular). O segundo posicionamento restritivo foi um posicionamento avançado de distância entre a face da superfície da interface do controle com o ponto central da base do metacarpo, a distância mínima foi de 12,5mm (raio da maior articulação metacarpiana medida nos indivíduos) e para distância máxima adotada foi o comprimento do polegar multiplicado pelo seno de  $30^\circ$ , correspondendo à altura que o ponto central da base do metacarpo ficaria com o dedo estendido em uma angulação de  $30^\circ$  relativamente ao controle. A Figura 4.4 ilustra essas restrições de posicionamento aplicado.

Figura 4.4 – Restrições de posicionamento



Fonte: Elaborado pela autora.

Para simular a atividade foi feito um posicionamento tangencial entre a ponta da falange distal e a superfície do controle, e para o acionamento de cada botão é feito um posicionamento de coincidência entre o ponto central do botão e a face da ponta da falange distal. Esse posicionamento de coincidência é editado para cada botão correspondente aos utilizados no teste tradicional. O posicionamento inicial para cada modelo simulado de um participante pesquisado é no

botão ligar com as falanges esticadas ao máximo, dentro das limitações impostas.

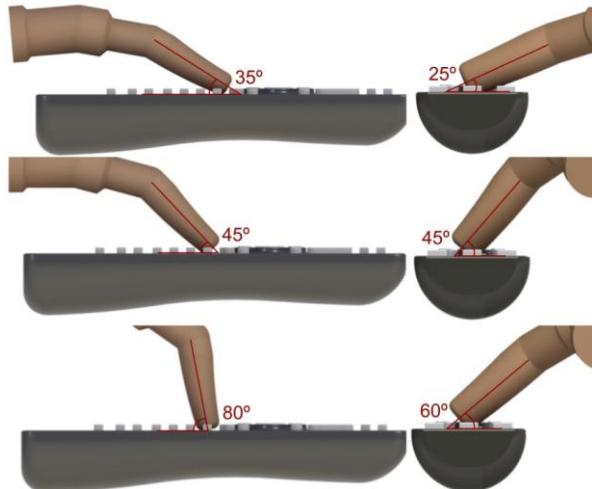
A última etapa desse estudo foi a análise dos resultados, comparando os resultados obtidos pela realização dos testes virtuais com os resultados apresentados pelo teste tradicional, dificuldades e falhas encontradas na plataforma virtual.

#### **4.4.2.1 Análise ergonômica de distanciamento de botões**

Para avaliar a usabilidade desse controle estudado, também foi desenvolvido uma macro no Excel com a tabela de projetos da construção do modelo do controle. Esta macro tem como objetivo calcular se o distanciamento entre os botões do controle remoto está adequado para os usuários idosos. Essa distância corresponde a uma área que o dedo do usuário ocupa ao pressionar uma tecla, se dentro dessa área houver mais que um botão se tem um aumento na probabilidade de erros ao realizar uma tarefa com o objeto.

Para determinar qual o tamanho dessa área livre foi simulada no SW a área de interferência dos usuários participantes em seis posições (Figura 4.5): com o dedo em uma posição perpendicular em relação ao controle com os ângulos de 80°, 45°, 35° da falange distal com a superfície do controle (ângulo da ação) e três posições com o dedo angulado em relação à superfície do controle, as angulações simuladas foram de 25°, 45° e 60°. Esses resultados foram agrupados pelos percentis 5, 50 e 95%. Destes, o resultado do percentil 95% de maior área foi adotado como área que deve ser livre de interferência com outros botões.

Figura 4.5 - Posições para simulação de área de interferência



Fonte: Elaborado pela autora.

Na construção do modelo virtual o dimensionamento da posição dos botões foi feito sempre do mesmo referencial para as distâncias em x (eixo horizontal) e em y (eixo vertical), o ponto para referência dessas dimensões no botão foi o ponto central. Também foi desenhado um círculo, com área correspondente à área de contato determinada, concêntrico a cada botão por linha de projeção, esse círculo foi projetado na superfície do controle, e as linhas de projeções foram suprimidas. Para não gerar complicações nos cálculos os botões que não apresentavam formato retangular ou circular foram simplificados para adotar essas características, mas a posição do centro desses botões foi mantida.

Na aba de gerenciamentos de configurações do arquivo é adicionada uma configuração filha da configuração principal, com o nome resultados. Na configuração resultado serão escritos os resultados da operação da macro. Após gerar a tabela de projetos com todas as informações da construção do modelo e o estado de exibição das *features*, essa tabela é salva num arquivo Excel, fora do SW. Nessa tabela são organizados os dados de forma que, as informações dos botões estejam agrupadas em sequência. As informações de cada botão ocupam seis colunas: distância do centro em x, distância do centro em y, largura do botão ou diâmetro, altura do botão ou para botões circulares

uma coluna em branco, o estado de exibição da área livre de interferências desse botão, e por fim, o diâmetro do círculo de área livre do botão.

No Excel foi salvo um arquivo com a função de macro em que ao executar a macro ele abre o arquivo da tabela de projeto; calcula as distâncias entre os botões; nos botões em que a distância não está adequada, modifica na linha de resultados a condição do estado de exibição do círculo da área livre mínima para aparente; salva o arquivo da tabela de projetos e fecha o arquivo. Para definir se os botões estão devidamente espaçados, a macro calcula a distância entre centros de dois botões. Essa distância é então comparada à soma do raio da área definida como área mínima por botão, com o raio ou metade da largura de um botão retangular dos dois botões sendo analisados (Equação 4.1). Caso a soma de um ou dos dois botões analisados for menor que a distância encontrada, o distanciamento entre botões não está adequado. O Apêndice IV apresenta a programação da macro.

Equação 4.1 – Condição para determinar distanciamento adequado.

$$r_{\text{área livre min.}} + r_{\text{botão}}$$

ou

$$r_{\text{área livre min.}} + \frac{L}{2}$$

Fonte: Elaborado pela autora.

Para que esses resultados sejam visualizados no SW é necessário excluir a tabela atual do arquivo e carregar a tabela de projeto do arquivo salvo pela macro e habilitar a configuração resultados. Na visualização do arquivo os botões que apresentam algum tipo de conflito terão um círculo correspondente à área livre mínima determinada.

#### 4.4.3 Análise dos Dados

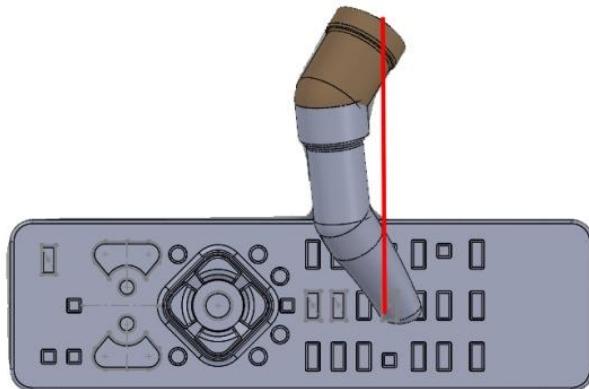
As medidas de mãos foram tomadas através das imagens coletadas com o uso do *software* Kinovea 0.8.15, *software* gratuito, que a partir de uma medida conhecida (retículo quadriculado) permite calibrar a imagem e obter as outras medidas. O Apêndice V mostra as imagens com as medidas obtidas pelo *software*.

O teste de usabilidade realizado pelos indivíduos estudados foi filmado, pela observação do vídeo foi analisado o sucesso da tarefa, o

número de reposicionamentos necessários para realizar a tarefa e o tempo de realização da tarefa em segundos.

As demais etapas do experimento foram realizadas no *software* SW, *software* licenciado para o Grupo de Pesquisas Ergonômicas em *Design* (GPED). Na simulação do número de reposicionamentos necessários para realizar a tarefa foi estipulado que caso a ponta do polegar fique abaixo da base do metacarpo é necessário um novo posicionamento (Figura 4.6). Isso foi definido, pois essa posição provavelmente não seria adotada pelo sujeito real por gerar desconforto ou limitação física do conjunto de segmentos que formam a mão. O reposicionamento também é feito caso a ponta do polegar não alcance o botão determinado.

Figura 4.6 – Posição que indica a necessidade de um novo posicionamento



Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.4.4 Tratamento estatístico dos dados

Para tratamento dos dados foi primeiramente apresentada a estatística descritiva dos indivíduos de estudo. Foram analisados os dados do tempo de realização da tarefa, sucesso da tarefa e número de reposicionamentos necessários para efetuar a tarefa dos testes entre os grupos jovens (homens e mulheres) e idosos (homens e mulheres) para verificar se existe uma diferença no desempenho da execução da tarefa entre essas faixas etárias e gêneros. Em sequência, foram comparados os resultados de sucesso da tarefa e número de reposicionamentos para realização da tarefa entre os testes virtual e tradicional com os idosos.

Para a comparação de desempenho entre os quatro grupos - jovens (homens e mulheres) e idosos (homens e mulheres) foram realizados testes estatísticos de hipótese paramétricos (tempo de realização da tarefa) e não paramétricos (sucesso da tarefa e número de reposicionamentos). Para a variável tempo de realização da tarefa foram verificados se os dados apresentaram distribuição normal e simetria para então efetuar o teste ANOVA *one way* e o pós-teste de Scheffe para verificar quais grupos apresentam diferença entre si. Para as demais variáveis foi utilizado o teste não paramétrico de Kruscal Wallis para comparação dos grupos e o teste U de Mann Whitney para verificar a diferença aos pares.

Na comparação dos resultados do teste tradicional com idosos e o teste realizado na plataforma SW (pelas métricas de sucesso da tarefa e número de reposicionamento) foi utilizado o teste estatístico de Wilcoxon pareado, essas comparações foram divididas por gênero e então comparadas entre os resultados do teste tradicional e simulado.

Para todos os testes, o nível de significância empregado foi de 5% ( $\alpha=0,05$ ), procurando um nível de confiabilidade dos dados de 95%. Os testes estatísticos foram realizados no *software IBM SPSS Statistics* licenciado para a UDESC.

## CAPÍTULO V

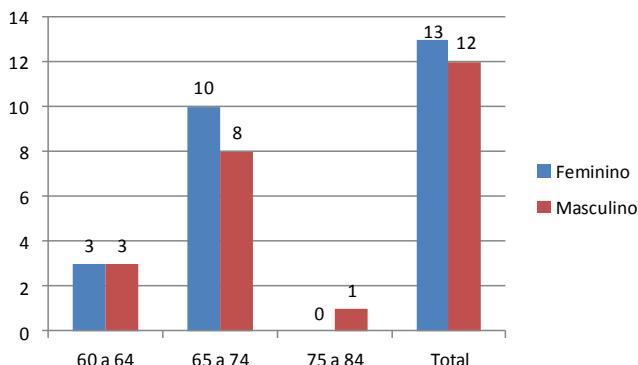
### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados encontrados na execução do teste de usabilidade com idosos, apresentando os indivíduos por estatística descritiva e as medidas antropométricas referente as mãos dos sujeitos entrevistados. São também apresentados os testes estatísticos comparativos dos resultados dos jovens e idosos e os testes de usabilidade tradicional e virtual no quesito sucesso da tarefa e número de repositionamentos necessários para sua execução.

#### 5.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS

Para a etapa do estudo realizado com usuários idosos, participaram 28 sujeitos, sendo que os dados de três sujeitos não foram utilizados (dois sujeitos não estavam dentro do intervalo de idade estipulado, apresentavam menos de 60 anos, e um sujeito tinha problemas de visão, o que prejudicou o desempenho da realização na tarefa), sendo assim, foram usados os dados de 25 usuários. O Gráfico 5.1 apresenta a divisão desses usuários de acordo com sexo e idade. Desses sujeitos, apenas um homem era canhoto, os demais sujeitos de pesquisa eram destros.

Gráfico 5.1 – Usuários divididos por sexo e faixa etária

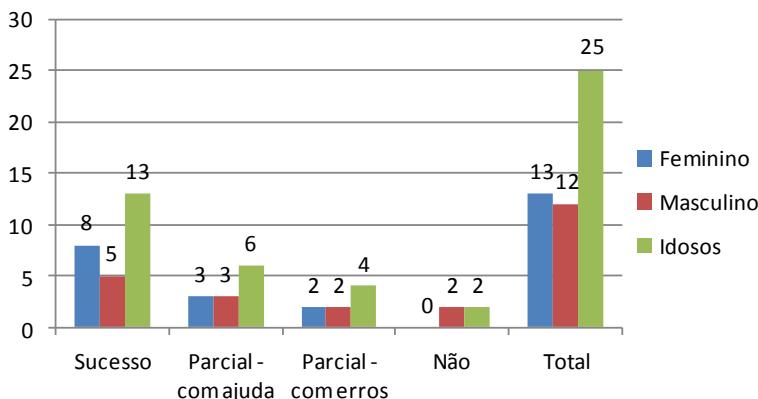


Fonte: Elaborado pela autora.

Como demonstra o gráfico 5.1, participaram do experimento com dados válidos 25 indivíduos, sendo 12 homens e 13 mulheres, a maior parte dos sujeitos está na faixa etária de 65 a 74 anos de idade (72%).

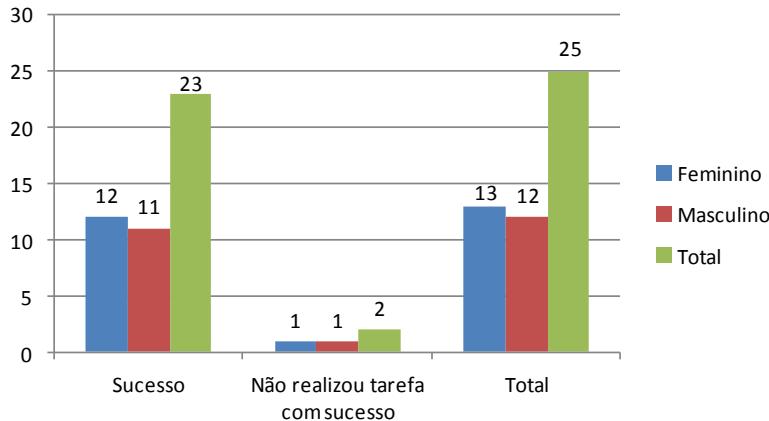
Os gráficos e tabelas a seguir apresentam o resultado descritivo dos sujeitos quanto às métricas de usabilidade adotadas para esse teste de usabilidade – sucesso da tarefa no teste tradicional (Gráfico 5.2), sucesso da tarefa no teste virtual (Gráfico 5.3), tempo de realização da tarefa (Tabela 5.1), número de reposicionamentos do controle necessários para realizar a tarefa no teste tradicional (Tabela 5.2), número de reposicionamentos necessários no teste virtual (Tabela 5.3).

Gráfico 5.2 – Sucesso da tarefa indivíduos idosos – teste tradicional



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 5.3 – Sucesso da tarefa indivíduos idosos – teste virtual



Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 5.1 – Tempo de realização de tarefa - indivíduos idosos

Tempo de tarefa (s)	Mín.	Máx.	Média	Mediana	DP	IC lower	IC upper
<i>Homens</i>	14	45	23,17	19,50	10,51	16,49	29,85
<i>Mulheres</i>	10	30	19,08	20,00	6,55	15,12	23,04
<i>Idosos (ambos gêneros)</i>	10	45	21,04	20,00	8,74	17,43	24,65

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 5.2 – Número de reposicionamentos na tarefa indivíduos idosos – teste tradicional

Nº de posicionamentos	Mín.	Máx.	Média	Mediana	DP	IC lower	IC upper
<i>Homens</i>	1	6	2,67	2	1,43	1,75	3,58
<i>Mulheres</i>	0	6	1,77	1	1,69	0,75	2,79
<i>Idosos (ambos gêneros)</i>	0	6	2,20	2	1,60	1,54	2,86

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 5.3- Número de reposicionamentos na tarefa indivíduos idosos – teste virtual

Nº de posicionamentos	Mín.	Máx.	Média	Mediana	DP	IC lower	IC upper
<i>Homens</i>	0	2	0,33	0	0,77	-0,16	0,83
<i>Mulheres</i>	0	2	1,23	2	1,01	0,62	1,84
<i>Idosos (ambos gêneros)</i>	0	2	0,80	0	1,00	0,39	1,21

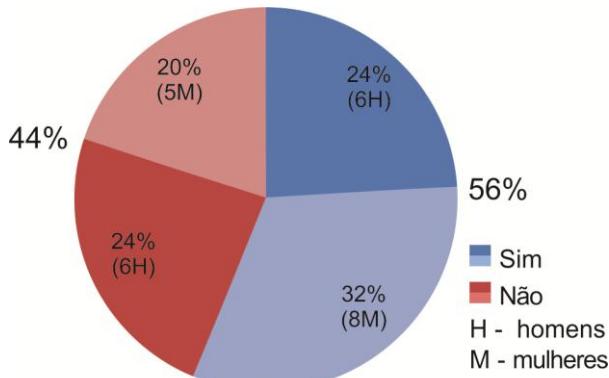
Fonte: Elaborado pela autora.

Como mostra o Gráfico 5.2, dos 25 sujeitos pesquisados 13 realizaram a tarefa com sucesso, 10 realizaram a tarefa parcialmente (seis com ajuda do moderador e quatro cometaram erros), apenas dois homens não completaram a tarefa com sucesso. O Gráfico 5.3 mostra que 23 dos sujeitos simulados realizaram a tarefa com sucesso, e 2 sujeitos não teriam completado a tarefa com sucesso como encontrado no teste tradicional. O tempo de realização de tarefa (Tabela 5.1) teve uma média de 21,04 segundos, sendo o menor tempo encontrado entre os idosos de 10s e o máximo de 45s.

A Tabela 5.2 mostra que teve sujeitos que realizaram a tarefa sem reposicionamentos do objeto e sujeitos que realizaram até 6 reposicionamentos, tendo uma mediana de 2 reposicionamentos. Já na Tabela 5.3 nos resultados do teste virtual a variação entre o número máximo e mínimo de reposicionamentos é menor, sendo que o número mínimo se mantém em zero e o máximo é de 2 reposicionamentos, e a mediana de nenhum reposicionamento.

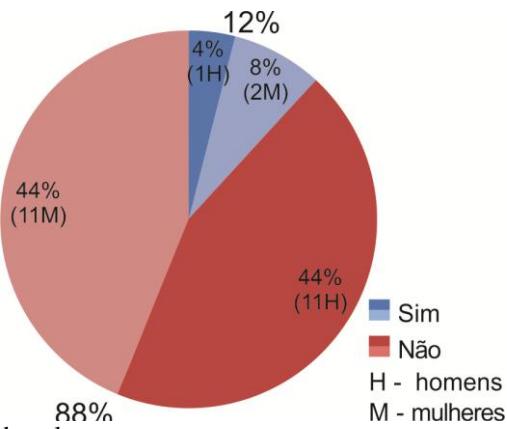
Os gráficos abaixo (Gráfico 5.4, Gráfico 5.5, Gráfico 5.6 e Gráfico 5.7) apresentam os resultados do questionário pós-teste com os indivíduos idosos, sendo apresentado o total do grupo percentualmente no lado esquerdo e a contagem nos grupos de homens e mulheres.

Gráfico 5.4 – Questão 1 – conhecia o controle remoto?



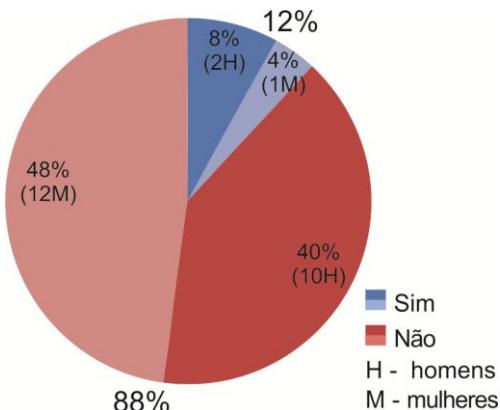
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 5.5 – Questão 2 – sentiu necessidade de reposicionar o controle durante a atividade?

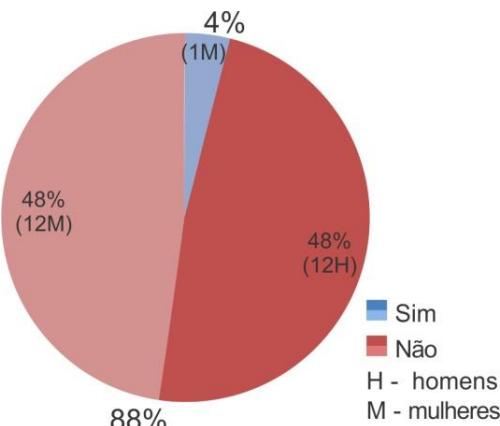


Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 5.6 – Questão 3 – teve dificuldade de identificar alguma das teclas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 5.7 – Questões 4- teve algum desconforto para efetuar a tarefa?  
Questão 5 – teve alguma outra dificuldade na realização da tarefa?

Fonte: Elaborado pela autora.

Como apresentado nos gráficos Gráfico 5.4, Gráfico 5.5, Gráfico 5.6 e Gráfico 5.7, pouco mais que a metade (56%) dos sujeitos idosos conhecia o controle remoto testado, 88% dos pesquisados afirmou não sentir necessidade de reposicionar o controle durante a tarefa e a mesma porcentagem de indivíduos relatou não ter dificuldades para identificar alguma das teclas solicitadas durante a tarefa. Apesar da maioria dos

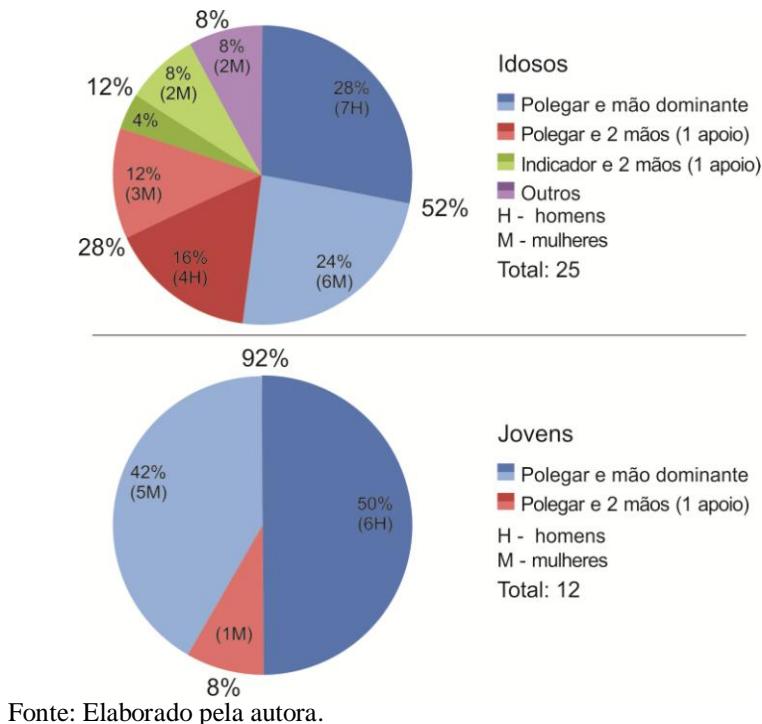
usuários não relataram sentir necessidade de reposicionar o controle durante a atividade o mesmo não encontrado na análise dos vídeos do teste de usabilidade. As questões relacionadas a desconforto ou outras dificuldades apresentaram os mesmos resultados, a maioria dos participantes (96%) não sentiu desconforto ou outra dificuldade para realizar a tarefa.

### **5.1.1 Observações do comportamento no uso do objeto**

O controle remoto utilizado no estudo, seguindo as definições ergonômicas de controles apresentados na revisão bibliográfica desse trabalho, pode ser classificado como um objeto de controle discreto de entrada de dados. O uso desse objeto permite apenas algumas posições bem definidas e é a forma de entrada de dados para realizar uma operação, como acionar os botões referentes ao número do canal de uma emissora. A classificação, segundo o manejo desse objeto, pode ser tanto fino quanto grosso. Ao executar uma atividade no controle, o manejo é fino, pois se usa a ponta dos dedos; no entanto, para segurar o objeto envolvendo-o com os dedos se caracteriza como manejo grosso.

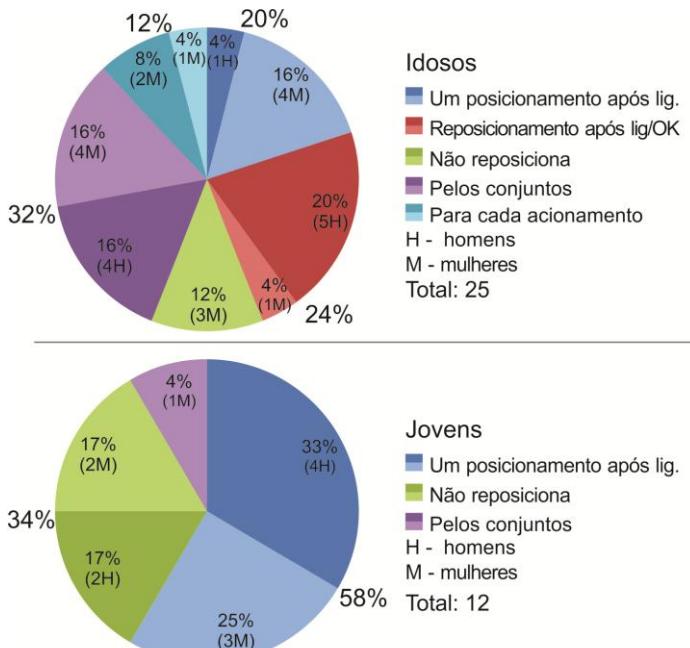
Com a análise dos vídeos da realização da tarefa com o controle remoto pôde-se perceber que a interação dos idosos é diferente a dos jovens. Os idosos tendem a utilizar as duas mãos durante a realização da tarefa e nem sempre utilizam o dedo polegar para efetuar os acionamentos, o que não foi observado nos sujeitos jovens. Nos idosos foram observados casos em que, para realizar a tarefa, os indivíduos movimentavam as articulações de cotovelo e ombro ao invés de punho e outras articulações da mão. O Gráfico 5.8 e o Gráfico 5.9, apresentam as frequências para a forma de pega e acionamento na tarefa e padrões para os reposicionamentos durante a tarefa nos grupos analisados.

Gráfico 5.8 - Forma de pega e dedo de acionamento



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 5.9 - Padrão de reposicionamentos durante tarefa



Fonte: Elaborado pela autora.

Na questão de necessitar reposicionar o controle durante a realização da tarefa, o padrão por conjuntos se dá pelo controle remoto apresentar agrupamentos de botões. Nesse caso, os agrupamentos dos botões solicitados na tarefa se concentram em três conjuntos: superior, de comandos gerais; central, com os botões de setas e 'ok'; e o conjunto dos botões numéricos. Para os que efetuaram posicionamentos novos durante a tarefa, isto se deu quando a solicitação do acionamento de teclas da parte mais superior do controle, botões mais afastados da linha do punho.

### 5.1.2 Resultados antropométricos

As tabelas 5.3, 5.4 e 5.5 apresentam o resultado das medidas antropométricas coletadas por meios diretos e indiretos. As medidas diretas foram tomadas com o uso de paquímetro e goniômetro (Tabela 5.4). As medidas indiretas da mão apresentadas na Tabela 5.5, foram

levantadas através do *software* Kinovea e as medidas da área de interferência do controle remoto (Tabela 5.6) foram aferidas no *software* SolidWorks com uso de ferramentas de interseção do *software*.

Tabela 5.4 – Flexão máxima articular do polegar (em graus), espessuras de mão e polegar (em milímetros)

Medidas	Percentis			Média	DP
	5%	50%	95%		
Flex. articulação interfalangiana prox.	28	50	68,50	50,60	10,73
Flex. articulação interfalangiana dist.	41,50	65	90	65,88	13,07
Espessura polegar (mm)	18,16	21,60	24,57	21,30	1,98
Espessura da mão (mm)	16,85	20,90	27,13	21,31	2,78

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 5.5 – Medidas antropométricas da mão em milímetros

Medidas	Percentis			Média	DP
	5%	50%	95%		
Comp. da mão	160,30	174,50	200,04	175,61	9,50
Comp. da palma	81,61	96,50	120,93	97,37	8,87
Comp. do polegar	49,06	58,10	68,41	58,59	4,50
Comp. indicador	61,99	68,20	79,06	68,73	4,34
Comp. dedo médio	70,69	78,23	89,35	78,48	5,01
Comp. dedo anelar	66,20	73,50	83,05	73,37	4,54
Comp. dedo mínimo	51,66	59,80	69,52	59,34	4,58
Largura polegar	13,05	17,70	22,20	17,93	2,05
Largura indicador	14,08	18,00	21,45	17,86	1,99
Largura da mão	66,80	74,40	86,96	74,83	5,10
Largura mão (pol)	79,12	92,00	106,20	91,84	7,51
Extensão máxima	130,75	171,20	190,26	169,28	14,81
Metacarpo (pol)	27,89	39,20	48,85	38,74	5,86
Falange prox.(pol)	18,20	27,90	34,95	27,96	4,17
Falange dist. (pol)	27,11	31,30	37,91	31,34	2,682

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 5.6 – Área de contato em posições determinadas - mm<sup>2</sup> (Figura 4.5)

Medidas	Percentis			Média	DP
	5%	50%	95%		
área 80° (dedo perp.)	46,12	66,25	104,58	67,65	13,76
área 45° (dedo perp.)	29,55	37,09	67,75	38,78	9,00
área 35° (dedo perp.)	30,94	37,68	47,31	38,42	4,59
área 25° (dedo rot.)	21,17	24,44	31,96	25,39	3,17
área 45° (dedo rot.)	16,21	19,55	24,48	19,91	2,69
área 60° (dedo rot.)	16,04	20,53	26,02	20,42	3,17

Fonte: Elaborado pela autora.

Nas medidas da flexão máxima na articulação interfalangiana proximal dos sujeitos foi encontrado para o percentil 5% uma flexão de 28° e para o percentil 95% uma flexão de 68,5°, uma diferença de 39,5°. Para a articulação interfalangiana distal, no percentil 5% a flexão encontrada foi de 41,5° e no percentil 95% a flexão de 90°, intervalo de 48,5°. Para as áreas de contato, a menor área encontrada foi de 16,04 mm<sup>2</sup> no percentil 5% com o polegar rotacionado em 60° em relação ao controle, e a maior área encontrada foi de 104,58 mm<sup>2</sup> com o polegar com um ângulo de acionamento de 80° no percentil 95%.

## 5.2 RESULTADOS COMPARATIVOS DE DESEMPENHO

Os resultados apresentados nesta seção foram obtidos por meio de testes de hipótese. A hipótese de pesquisa ( $H_1$ ) declara que há uma relação entre variáveis ou que existe diferença entre grupos; a hipótese nula ( $H_0$ ) não existe relacionamento entre as duas variáveis na população ou que não existe diferença entre os dois grupos. Como para este trabalho se adotou um nível de significância de 5%, já que se buscou nível de confiabilidade dos dados de 95%, quando o resultado do teste estatístico  $p > 0,05$  foi adotado  $H_0$  como verdadeira; se o resultado  $p \leq 0,05$ ,  $H_1$  foi adotado como verdadeira.

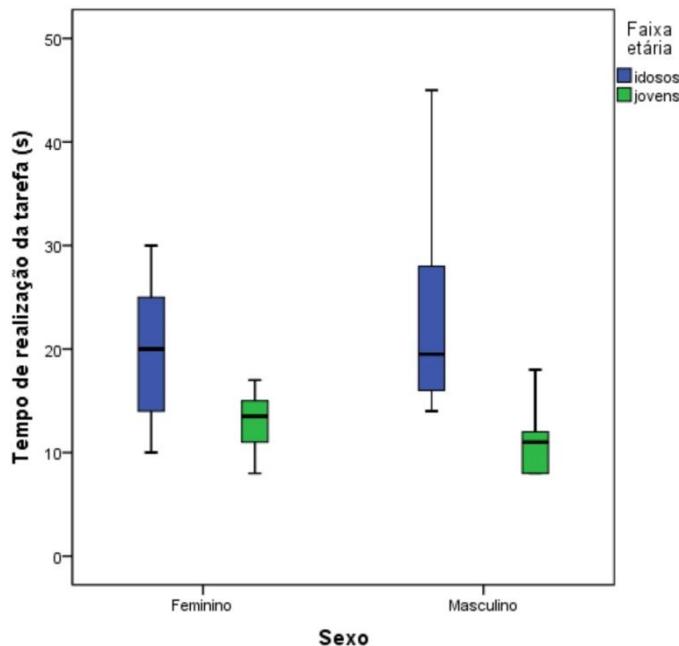
### 5.2.1 Tempo de realização de tarefa

Para a variável tempo de realização da tarefa foi feito um teste comparativo entre os grupos (idosos – feminino e masculino, jovens – feminino e masculino) pelo teste ANOVA *one way*. Para realização desse teste os dados de todos os grupos devem apresentar distribuição

normal. O Gráfico 5.10 apresenta o tempo de realização de tarefa nesses grupos.

Apenas o grupo de homens idosos não teve distribuição normal, pois o tempo de tarefa de três indivíduos apresentou uma diferença grande de tempo comparado aos demais sujeitos do grupo, como pode ser observado na caixa equivalente aos homens idosos no Gráfico 5.10.

Gráfico 5.10 – Tempo de realização de tarefa (s) – indivíduos dividido por sexo e faixa etária



Fonte: Elaborado pela autora.

Pela análise da filmagem da realização da tarefa e da resposta do questionário pós-teste se observou que os dois indivíduos de maior tempo (45 e 40 segundos), apesar de responderem no questionário conhecer o controle remoto e não terem dificuldades de identificar os botões, apresentaram dificuldade na realização da tarefa para localizar a tecla que foi solicitada e para ouvir qual o botão havia sido solicitado. O sujeito de terceiro maior tempo (34 segundos), não conhecia o controle remoto e afirmou ter dificuldade para identificar os botões. Portanto, optou-se por remover esses três indivíduos do teste da variável tempo de

realização de tarefa, permitindo que os dados apresentem uma distribuição normal e possa ser feito o teste paramétrico (ANOVA). A Tabela 5.7 apresenta a estatística descritiva para a variável tempo de realização da tarefa sem esses indivíduos.

Tabela 5.7 – Tempo de realização de tarefa dos grupos jovens e idosos

Tempo de tarefa (s)	Média	DP	IC lower	IC upper
<i>Homens idosos</i>	17,67	2,872	15,46	19,87
<i>Mulheres idosas</i>	19,08	6,551	15,12	23,04
<i>Homens Jovens</i>	11,33	3,724	7,43	15,24
<i>Mulheres Jovens</i>	13	3,162	9,68	16,32
<i>Todos Grupos</i>	16,26	5,588	14,31	18,21

Fonte: Elaborado pela autora.

O resultado da ANOVA entre os quatro grupos foi de  $p=0,008$ , indicando que existe diferença na média do tempo de realização da tarefa entre os grupos. A Tabela 5.8 mostra os resultados do teste Post *Hoc* indicando a diferença encontrada entre as médias entre dois grupos, o resultado da significância, o intervalo de confiança e tamanho do efeito (d, quanto diferem as médias em termos de desvio padrão).

Tabela 5.8 – Post *Hoc* ANOVA tempo de realização da tarefa

Grupos	Diferença das médias	p	IC lower	IC upper	d
<i>hom.idos.Xmul.idos.</i>	1,41	0,928	-4,79	7,61	0,23
<i>hom.idos.Xhom.jov.</i>	6,333	0,126	-1,21	13,87	1,34
<i>hom.idos.Xmul.jov.</i>	4,667	0,357	-2,86	12,21	1,05
<i>mul.idos.Xhom.jov.</i>	7,744	0,027	0,68	14,8	0,92
<i>mul.idos.Xmul.jov.</i>	6,077	0,113	-0,98	13,14	0,74
<i>hom.jov.Xmul.jov.</i>	1,667	0,948	-6,59	9,93	0,33

Fonte: Elaborado pela autora.

Pelos resultados apresentados na Tabela 5.8 pode-se perceber que quando comparados grupos da mesma faixa etária a diferença das médias é pequena e de valores próximos e que o resultado da significância (p) próximo a 1, reforça a similaridade dos resultados. Também pode-se perceber que a diferença das médias de tempo no mesmo gênero mas faixas etárias diferentes os valores encontrados são

próximos, indicando que a diferença entre gêneros se mantém durante o envelhecimento se mantém.

Apesar de apenas a comparação dos grupos das mulheres idosas e homens jovens terem apresentado o resultado de uma diferença significativa entre as médias ( $p=0,027$ ), pela diferença das médias e pelo tamanho do efeito na comparação dos demais grupos de faixas etárias diferentes, pode-se perceber diferença importante entre os resultados. Na diferença das médias encontra-se uma diferença de aproximadamente quatro a seis segundos e o tamanho de efeito também é considerado grande, implicando que as curvas normais entre esses grupos apresentam uma sobreposição de porcentagem pequena, sendo assim, a uma diferença expressiva entre os resultados.

### **5.2.2 Sucesso da tarefa**

Para variável sucesso da tarefa foram feitos testes comparativos entre os grupos de jovens (homens e mulheres) e idosos (homens e mulheres) pelo teste de Kruscal Wallis. O resultado desse teste apresentou como resultado  $p= 0,25$ , indicando que não há diferença significativa entre os resultados do sucesso da tarefa entre os grupos testados.

Para comparar os resultados encontrados para o sucesso da tarefa com os idosos pelo teste tradicional e os resultados encontrados pelo teste virtual foi utilizado o teste estatístico de Wilcoxon. Para essa análise, os dados de sucesso parcial (com auxílio e com erros) no teste tradicional, foram considerados como sucesso da tarefa, pois no teste virtual não foi possível simular as questões cognitivas que levam ao resultado de sucesso parcial. O resultado do teste para o grupo da faixa etária idoso indicou que não existe uma diferença significativa dos resultados encontrados para sucesso da tarefa no teste tradicional comparado ao virtual, o valor de  $p$  encontrado foi de 0,564. O teste estatístico quando realizado agrupando os idosos por gênero, o valor encontrado no teste para mulheres idosas foi de  $p=0,317$  e para homens idosos  $p=1$ . Isso sugere que para os homens idosos apresentam resultados tendendo a igualdade entre os métodos e maior similaridade estatística do que as mulheres idosas.

### **5.2.3 Número de reposicionamentos para realização da tarefa**

O teste utilizado para comparação dos resultados entre os grupos de jovens (homens e mulheres) e idosos (homens e mulheres) na variável

de eficiência do número de reposicionamentos necessários para realizar a tarefa foi o de Kruscal Wallis. O resultado do teste foi de  $p=0,009$ , indicando que existe uma diferença significativa entre o número de reposicionamentos necessários para realizar a tarefa entre os grupos analisados. Para identificar entre quais grupos existe essa diferença foi utilizado o teste U de Mann-Whitney. A diferença foi encontrada entre os grupos homens idosos e jovens, tanto mulheres ( $p=0,013$ ) e homens ( $p=0,001$ ).

Na comparação dessa variável entre o teste tradicional e virtual também foi utilizado o teste de Wilcoxon. O resultado para o grupo dos usuários idosos foi  $p=0,002$ , apontando para a existência de diferença significativa dos resultados para essa medida entre os testes real e virtual.

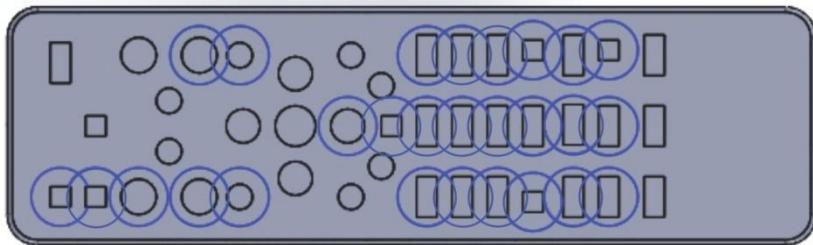
Esse teste também foi realizado com os dados dos grupos idosos pareados por gênero. O resultado encontrado para os homens está condizente ao encontrado para o grupo, indicando que há diferença significativa dos resultados entre os testes real e virtual ( $p=0,004$ ). Para as mulheres idosas o resultado foi  $p=0,271$ , adotando-se a hipótese de que não existe diferença significativa dos resultados de número de reposicionamentos para realização da tarefa entre o teste real e teste virtual.

#### **5.2.4 Análise virtual de distanciamento de botões.**

Para análise virtual de distanciamento entre os botões, realizado pela tabela de projetos da construção do modelo do controle remoto com a execução da macro, foi definida como área mínima livre entre os botões uma área de tamanho  $104,56\text{mm}^2$ , traduzindo em uma área circular de diâmetro de 11,52mm. Essa área corresponde a maior área de interferência encontrada, como apresentado na Tabela 5.6.

Com a execução da macro, carregando a tabela de projetos modificada pela macro, e habilitando a configuração resultados no SW, o resultado é o apresentado na Figura 5.1.

Figura 5.1 – Resultado da análise virtual de distanciamento de botões



Fonte: Elaborado pela autora.

Como é possível perceber na Figura 5.1, o distanciamento entre os botões numéricos e demais botões o conjunto inferior do controle remoto não apresenta um distanciamento adequado para os usuários idosos. Alguns botões de maior uso como volume (aumentar e diminuir) e canal para baixo também foram identificados com pouco espaçamento entre botões. Esses botões apontados na análise podem levar a um erro na execução de tarefas com o controle remoto, pois pode ocorrer que o usuário pressione mais de um botão ao efetuar uma atividade com o objeto.

### 5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Analizando os resultados comparativos das métricas de desempenho (tempo de realização de tarefa, sucesso da tarefa e número de reposicionamentos para realizar a tarefa) entre jovens e idosos, se tem um apontamento para existência de diferença no desempenho do uso do controle remoto estudado. As variáveis de tempo e número de reposicionamentos para realizar a tarefa apresentaram uma diferença estatística significativa nas medidas dos grupos, no entanto, a variável de sucesso da tarefa não indicou haver diferença estatística nos resultados.

Spirduso (2005) afirma que a coordenação e a habilidade são prejudicadas pelo envelhecimento; assim como os sentidos da visão e audição, como foi descrito nos capítulos iniciais deste trabalho. O resultado de diferença no desempenho entre jovens e idosos, no entanto, apresentou resultados em que não existe diferença significativa entre esses grupos (sucesso da tarefa e número de reposicionamentos entre mulheres idosas e jovens), indicando que esse declínio não ocorreu de forma plena. Pode-se perceber também que os resultados dos testes estatísticos não indicaram diferenças entre gênero dentro da mesma faixa etária.

Apesar das médias do tempo de realização da tarefa terem apresentado diferença entre os grupos, quando avaliado aos pares os únicos grupos que tiveram diferença significativa foram os grupos de mulheres idosas e homens jovens. Porém, ao se analisar a diferença das médias e o tamanho de efeito, pode-se inferir que entre os grupos de faixas etárias diferentes existe uma diferença notável nas médias do tempo de realização da tarefa. Também é valido salientar que três casos foram desconsiderados nessa avaliação, sendo que esses casos eram de homens idosos e com os maiores tempos encontrados para a realização da tarefa. É possível que com amostras maiores esses sujeitos excluídos não apresentassem um afastamento significativo da média do grupo, e que apresentassem uma diferença estatística significativa na média do tempo de realização da tarefa quando comparado aos grupos de usuários jovens e mulheres idosas.

A variável do tempo de realização da tarefa tem uma ligação com a cognição e o tempo de processamento da informação ou tempo de reação. Segundo o *Emory Alzheimer's Disease Research Center* da universidade de Emory, algumas áreas da cognição mostram um declínio normal com o envelhecimento e outras se mantém estáveis. Quanto a velocidade de processamento de informação, o envelhecimento afeta a velocidade com que a cognição e o processamento motor são realizados, o que leva a um maior tempo para executar a tarefa. Ainda segundo o centro de pesquisas, as mudanças sensoriais (como audição e visão) também podem afetar a eficiência do processamento de informação.

O sucesso da tarefa não apresentou diferença significativa entre os resultados dos grupos jovens e idosos. Esse resultado pode ter ocorrido por se tratar de uma atividade presente no cotidiano dos participantes. Considerando a afirmação de Spirduso (2005), que as perdas de força quase não são perceptíveis nos músculos que permanecem ativos, o mesmo poderia ser aplicado a uma atividade que se manteve presente ao longo da vida.

Na métrica sucesso da tarefa, o resultado sucesso parcial com erros, apresentou os seguintes índices: 33% dos jovens apresentaram erros para executar a tarefa e 16% dos idosos. Os indivíduos idosos apresentaram uma taxa menor no sucesso parcial com erros, esses usuários, no entanto, foram apresentados ao controle remoto antes de realizar a tarefa para nivelar os indivíduos que conheciam e os que não conheciam o controle remoto. Mesmo com a apresentação do controle remoto, os sujeitos pesquisados idosos apresentaram erros ao realizar a

tarefa. Os idosos também apresentaram casos de insucesso da tarefa (dois casos), enquanto os jovens não tiveram casos de insucesso.

A última variável avaliada para comparação desempenho foi o número de reposicionamentos necessários para realizar a tarefa, nessa métrica a diferença entre os grupos se deu entre homens idosos e jovens (homens e mulheres). O grupo de mulheres idosas nessa variável, por não apresentar uma diferença significativa dos resultados comparados aos grupos de usuários jovens, acaba contrariando o esperado para esse grupo.

A diferença de resultados entre jovens e idosos era esperada, uma vez que o envelhecimento causa uma queda na força de mãos, destreza, precisão, coordenação, mobilidade articular e sensibilidade, como apontado por Haigh (1933). A média da flexão máxima do polegar na articulação interfalangiana proximal e distal foi respectivamente, 50,6° e 65,88°. Settineri (1988) coloca que a flexão normal de articulações interfalangianas proximais ultrapassem aos 90° e nas distais seja pouco inferior a 90°. Com isso, pode-se observar que com o envelhecimento a articulação interfalangiana proximal obteve uma redução de aproximadamente 44% na média e a distal de aproximadamente 27%.

Pelos resultados dos testes estatísticos das métricas avaliadas nos testes de usabilidade tradicional e virtual, não é possível se inferir se há diferença entre os resultados na avaliação do desempenho no uso do controle remoto pelos usuários idosos. Das duas métricas avaliadas, o sucesso da tarefa não apresentou diferença significativa entre os resultados, e no número de reposicionamentos para realizar a tarefa tem-se uma diferença estatística significativa dos resultados. No entanto, nesta última variável, o teste de Wilcoxon apresentou que não existe diferença significativa entre os resultados para as mulheres idosas, isso pode indicar que com maiores estudos na simulação de testes virtuais isso possa ser apresentado também para outros grupos de usuários, como homens idosos e usuários jovens.

A avaliação virtual de distanciamento entre botões, realizada pela execução de uma macro, demonstrou que grande parte do controle remoto avaliado apresenta um espaçamento entre botões menor do que foi estimado como o espaçamento mínimo para esses usuários. O espaçamento inadequado dos botões leva a suposição de que o uso deste controle remoto apresentaria um alto índice de insucesso da realização da tarefa ou desconforto. Como foi apresentado nos resultados, apenas dois indivíduos não realizaram a tarefa com sucesso e 4% relataram sentir algum desconforto na realização da tarefa no questionário pós-

teste, indo contra o que poderia se supor pela análise apenas do resultado gerado pela macro. Esse erro pode estar relacionado à forma como esse teste foi planejado e na necessidade de maiores estudos no comportamento de uso desse objeto. Na conclusão deste trabalho esse ponto será abordado detalhadamente.

## CAPÍTULO VI

### 6 CONCLUSÃO

Esse trabalho foi motivado pelo envelhecimento populacional, a necessidade da adequação de projetos e produtos para esses usuários e como os meios virtuais de avaliação ergonômica e de usabilidade podem ser uma forma rápida e de baixo custo no projeto de desenvolvimento de produtos. Com isso, procurou-se desenvolver e avaliar um procedimento para testes de usabilidade virtuais de usuários idosos, realizados em um *software* de desenvolvimento de projetos de amplo uso na área de *Design* de produtos (*SolidWorks®*).

Com o estudo exploratório das características desses indivíduos foi possível identificar quais as limitações que a idade traz aos idosos na interação com interfaces presentes no seu cotidiano. Após esse estudo, foram coletados dados antropométricos, da amplitude de movimento das articulações do polegar e realizados testes de usabilidade com o objeto de estudo. As características dos indivíduos pesquisados no desempenho do uso do controle remoto foram evidenciadas por meio de estatística descritiva.

Os dados antropométricos e a análise do uso do controle remoto permitiram a modelagem e configuração dos movimentos na plataforma do SW de acordo com as características dos idosos para realizar os testes virtuais nessa plataforma. Para a configuração dos movimentos e as limitações foram usadas as opções de posicionamento dos arquivos de montagem do *SolidWorks®*. O procedimento para o teste de usabilidade nessa plataforma foi descrito no capítulo de metodologia e foi efetuado dessa forma devido as limitações do estudo.

Como foi apresentado na discussão dos resultados, foram avaliadas as medidas sucesso da tarefa e número de reposicionamentos necessários para realizar a tarefa, quando comparado jovens e idosos a métrica de sucesso da tarefa não apresentou diferença significativa entre os grupos. Essa métrica é relacionada à cognição e é uma atividade que se mantém constante no cotidiano dos sujeitos, sendo menos influenciado pelo envelhecimento. Por esse motivo, essa variável não foi considerada a ideal para avaliar a execução de testes virtuais de usabilidade pelo *SolidWorks®*.

A medida de número de reposicionamentos por sua vez apresentou diferença entre homens idosos e jovens (homens e mulheres), indicando ser uma medida mais significativa na avaliação do desempenho no uso de controle remoto, uma vez que está de acordo com

o encontrado nas referências bibliográficas de que os idosos desenvolvem limitações físicas para executar atividades do cotidiano.

A avaliação do número de reposicionamentos para realizar a tarefa apontou para uma diferença significativa dos resultados, o que leva a conclusão de que a avaliação ergonômica virtual da usabilidade do controle remoto na plataforma do *SolidWorks®*, no momento, não substitui um o teste tradicional de usabilidade, ao menos com o modelo de teste proposto neste trabalho. No entanto, essa mesma variável quando avaliada apenas com as mulheres idosas, aponta um resultado em que não há uma diferença significativa entre os resultados do teste realizado na plataforma do *software SolidWorks®* e o teste tradicional. Defende-se que com a continuidade de estudos para o aprimoramento do método de avaliação na plataforma do *software* esse resultado pode atingir também outros grupos de usuários.

A variável tempo de realização da tarefa por ter uma ligação direta com a cognição e pelo trabalho propor a realização de testes de usabilidades avaliando métricas focadas no desempenho físico dos usuários, não foi avaliada nos testes ergonômicos virtuais. Outra limitação encontrada é que a cognição é um aspecto que no momento não é possível ser simulado no *software* utilizado, impossibilitando simular o tempo de realização de tarefa.

Outra forma de avaliação ergonômica virtual associada ao *SolidWorks®* desenvolvida nesse trabalho foi a análise do distanciamento de botões. Esse tipo de análise realizada com o uso da ferramenta de tabela de projetos e com a realização de uma análise pela execução de uma macro no *software Excel* se mostrou ser uma boa alternativa para as análises iniciais de um projeto. Essa avaliação apresenta custos mínimos e pode apresentar resultados para ajustar possíveis problemas no uso do produto antecipadamente no processo de desenvolvimento do produto. Pelo resultado o projetista pode readequar a distribuição de botões para melhor interação do produto com os usuários, antes mesmo da confecção de um modelo físico do produto.

Apesar do resultado da análise de distanciamento dos botões não ter apresentado coerência com os resultados do sucesso da tarefa dos testes reais, com maior estudo do comportamento de uso do objeto de pesquisa, observando quais as posturas adotadas para o manuseio de cada região do controle, tais resultados podem alcançar maior correspondência entre os ambientes real e virtual. Dependendo da forma que o dedo de acionamento chega ao botão ele irá imprimir uma área de contato diferente, pelo comportamento de uso, pode ser que cada

conjunto de teclas do controle apresente uma área mínima de distanciamento entre botões diferentes, assim, afetando o resultado da análise, também devem ser consideradas a altura das teclas, a pressão e o deslocamento necessários para seus acionamentos.

O estudo do comportamento de uso se demonstrou ser uma limitação do trabalho. A forma em que o indivíduo usa o objeto dificulta a simulação do teste, os participantes idosos apresentaram posturas de uso variadas ao executar uma mesma tarefa, cada usuário adota a postura de sua preferência, que julga ser a mais confortável. Por ter-se adotado um padrão para a simulação, essa questão de preferências pessoais do usuário influencia na comparação dos resultados do teste virtual e do tradicional, tanto para a métrica de sucesso da tarefa quanto para o número de reposicionamentos necessários para realizar a tarefa.

A forma como os dados foram coletados poderia ter auxiliado no estudo do comportamento de uso dos indivíduos pesquisados. Se durante a realização da tarefa tivessem sido usados sensores ou acelerômetros, poder-se-ia obter dados que especificassem os ângulos que o dedo de acionamento adotou durante a atividade. As limitações encontradas nesse estudo ocorreram em parte por ser uma pesquisa inicial na área de análise ergonômica em um *software CAD/CAE*, e em trabalhos futuros dessa área será possível corrigir essas limitações para obterem-se melhores resultados.

Para possibilitar que o teste virtual de usabilidade na plataforma do *SolidWorks®* tenha resultados similares ao teste tradicional, sugere-se que em estudos futuros sejam coletados dados de um número maior de sujeitos, para ter um estudo amplo do comportamento do uso do controle remoto. Dentro os dados coletados é importante ter a angulação exata que o dedo de acionamento adota ao executar cada acionamento de botão durante a tarefa, para então poder reproduzir esse comportamento na simulação do teste. Também se sugere que se faça a mensuração das mãos com uso de *scanner 3D*, tendo dados mais próximos ao real, mensurar também a força e amplitude de movimento de todas as articulações da mão. Com esses dados é possível modelar toda a mão dos indivíduos e replicar com maior eficácia o desempenho dos usuários na plataforma do *SolidWorks®*.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 9241-11: Requisitos ergonômicos para trabalhos de escritórios com computadores, Parte 11 – Orientações sobre usabilidade.** Rio de Janeiro; 2002.

ANDREWS, G. A. Los desafíos del proceso de envejecimiento en las sociedades de hoy y del futuro. In: ENCUENTRO LATINOAMERICANO Y CARIBEÑO SOBRE LAS PERSONAS DE EDAD, 1999, Santiago. **Anais...** Santiago: CELADE, p. 247-256, 2000.

AVERSI-FERREIRA, T.; RODRIGUES, H.; PAIVA, L. Efeitos do envelhecimento sobre o encéfalo. **Revista Brasileira de Ciências do Envelhecimento Humano**, v. 5, n. 2, p. 46-64, 2008.

BAEK, S.-Y., LEE, K. Parametric human body shape modeling framework for human-centered product *design*. **Computer-Aided Design**, v. 44, n. 1, p. 56-67, 2012.

Dassault Systemes. **SolidWorks®**. <http://www.solidworks.com>. Acesso em: mar./2013.

DESROSIERS, J.; et al. *Upper extremity performance test for the elderly (TEMPA): Normative data and correlates with sensorimotor parameters*. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 76, n. 12, p. 1125-1129, 1995.

DESROSIERS, J.; et al. *Age-related changes in upper extremity performance of elderly people: A longitudinal study*. **Experimental gerontology**, v. 34, p. 393-405, 1999.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: E. Blucher, 2004.

DUMAS, J. S.; FOX, J. E. In: SEARS, A.; JACKO, J. A. *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications*. New York, NY: Lawrence Erlbaum Associates, cap. 57, p. 1129-1149, 2007.

DUMAS, J. S.; LORING, B. A. *Moderating usability tests: principles and practice for interacting*. Amsterdam: Elsevier, 2008.

EMORY ADRC, *Emory Alzheimer's Disease Research Center*.  
**Cognitive Skills & Normal Aging**. Emory University. Disponível em: [http://alzheimers.emory.edu/healthy\\_aging/cognitive-skills-normal-aging.html](http://alzheimers.emory.edu/healthy_aging/cognitive-skills-normal-aging.html). Acesso em: abril/2014.

FALZON, Pierre. **Ergonomia**. São Paulo: E.Blucher, 2007.

FIALHO, A. B. **COSMOS**: Plataforma CAE do SolidWorks 2008. São Paulo: Érica, 2008.

FIGUEIRA, R. J. C. M. **CAD/CAE/CAM/CIM**. Instituto Politécnico do Porto, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Departamento de engenharia Informática. Projecto Licenciatura em Computadores e Sistemas, 2002/2003.

GOMES FILHO, João. **Ergonomia do objeto**: sistema técnico de leitura ergonómica. São Paulo: Escrituras, 2003.

HAIGH, R. *The ageing process: a challenge for design. Applied ergonomics*, v. 24, n.1, p. 9–14, fev. 1993.

HAMILL, Joseph; KNUTZEN, Kathleen. **Bases biomecânicas do movimento humano**. São Paulo: Manole, 1999.

HIGGINS, P. G., & GLASGOW, A. *Development of guidelines for designing appliances for older persons. A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*, v. 41, n.1, p. 333–339, 2012.

HU, B., et al. *Predicting real-world ergonomic measurements by simulation in a virtual environment. International Journal of Industrial Ergonomics*, n. 41, n. 1, p. 64–71, 2011.

*Image Shack*. Controle remote HD Net.  
<http://img13.imageshack.us/img13/3210/controleremotohdnet.png>. Acessado em: 05/08/2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Perfil dos idosos responsáveis pelos domicílios no Brasil – 2000**. Rio de Janeiro; 2002.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Séries estatísticas & Séries históricas**. Série: POP22 - População por grupos de idade

(população presente e residente). Disponível em:  
<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=10&op=0&vcodigo=POP22&t=populacao-grupos-idade-populacao-presente-residente>.  
 Acesso em: jan. 2012a

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Projeção da população: Pirâmide etária absoluta  
[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao\\_da\\_populacao/2008/piramide/piramide.shtml](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2008/piramide/piramide.shtml). Acesso em: jan. 2012b

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Tábuas Abreviadas de Mortalidade por Sexo e Idade**: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação 2010. Rio de Janeiro; 2013.

IIDA, Itiro. **Ergonomia**: projeto e produção. 2. ed. São Paulo: E. Blucher, 2005.

JAYARAM, U., et al. *introducing quantitative analysis methods into virtual environments for real-time and continuous ergonomic evaluations*. **Computers in Industry**, v. 57, n. 3, p. 283–296, 2006.

JORDAN, Patrick W. **An introduction to usability**. London: Taylor & Francis, 1998.

JUNG, M. et al. *Integrated Framework for Vehicle Interior Design Using Digital Human Model*. **Journal Of Computer Science And Technology**, v. 24, n. 6, p.1149-1161, nov. 2009.

KOHLBACHER, F; HERSTATT, C.; SCHWEISFURTH, T. Product development for the silver market. In: KOHLBACHER, Florian; HERSTATT, Cornelius. **The Silver Market Phenomenon: Marketing and Innovation in the Aging Society**. 2. Ed.. Springer; 2010. p. 3-13.

KRUG, Steve. **Não me faça pensar**: uma abordagem de bom senso à usabilidade na web. 2. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2008.

KUO, C.-F., CHU, C.-H. *An online ergonomic evaluator for 3D product design*. **Computers in Industry**, v. 56, n. 5, p. 479–492, 2005.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

LAUGHERY, K. R., LEBIERE, C. & ARCHER, S. *Modeling Human Performance in Complex Systems*. In: SALVENDY, Gavriel. ***Handbook of Human Factors and Ergonomics***. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, cap. 36, p. 967-1052, 2006.

LEWIS, J. R. *Usability Testing*. In: SALVENDY, Gavriel. ***Handbook of Human Factors and Ergonomics***. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, cap. 49, p. 1275-1316, 2006.

LIU, B.-S. *Incorporating anthropometry into design of ear-related products*. ***Applied ergonomics***, v. 39, n. 1, p. 115-21, jan. 2008.

Loughborough University. ***Sammie CAD***.  
<http://www.lboro.ac.uk/microsites/lds/sammie/home.htm>. Acesso em: mar./2013

MICHAELSEN, S. M.; et al. Avaliação da capacidade funcional dos membros superiores por meio do TEMPA: Valores de referência, efeito da idade, gênero, dominância e relação com a. ***Motricidade***, v. 7, n. 2, p. 47-55, 2011.

NEMETH, C. P. ***Human Factors Methods for Design: Making Systems Human-Centered***. Boca Raton, FL: CRC Press, 2004.

Nex Gen Ergonomics. ***HumanCAD® Product Series Overview***.  
[http://www.nexenergo.com/ergonomics/humancad\\_prods.html](http://www.nexenergo.com/ergonomics/humancad_prods.html). Acesso em: mar./2013

NICHOLS, T. A.; ROGERS, W. A.; FISK, A. D. *Design for Aging*. In: SALVENDY, Gavriel. ***Handbook of Human Factors and Ergonomics***. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, cap. 54, p. 1418-1445, 2006.

NIELSEN, Jakob. ***Usability engineering***. Boston: Morgan Kaufmann, c1993

MOURA, D. B. A. A.; VOLPE, L. A. A.; TONIN, L. A. Análise comparativa de ferramentas computacionais de modelagem e simulação humana para aplicação em projetos de situações produtivas.  
ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos, ***Anais...*** Disponível em: <

[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010\\_TN\\_STO\\_116\\_763\\_16157.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STO_116_763_16157.pdf). Acesso em: dez. 2012.

RAMOS, L. R. et al. Perfil do idoso em área metropolitana na região sudeste do Brasil : resultados de inquérito domiciliar. **Revista Saúde Pública**, v. 27, n. 2, p. 87-94, 1993.

RAMOS, L. R. Fatores determinantes do envelhecimento saudável em idosos residentes em centro urbano : Projeto Epidoso, São Paulo. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 3, p. 793-798, 2003.

RUBIN, J.; CHISNEL, D. **Handbook of usability testing**: how to plan, design and conduct effective tests. 2 ed. Indianápolis: John Wiley & Sons, 2008.

PASCHOARELLI, L.; et al. Antropometria da Mão Humana: Influência do Gênero no *Design Ergonômico de Instrumentos Manuais*. **Ação Ergonômica**, v. 5, n. 2, p. 1-8, 2011.

PHEASANT, S. *Bodyospace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*. 2a ed. Londres: Taylor & Francis, 2003.

PLANCHARD, D. C.; PLANCHARD, M. P. *Engineering Design with SolidWorks 2010: a step-by-step project based approach utilizing 3D solid modeling*. Massachusetts: SDC, 2010.

PORTR, J. M., et al. “Beyond Jack and Jill”: *designing for individuals using HADRIAN*. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 33, n. 3, p. 249–264, 2004.

SETTINERI, L. I. C. **Biomecânica**: noções gerais. Rio de Janeiro: Atheneu, 1988.

Siemens. **Jack e Process Simulate Human**. Disponível em: <[http://www.plm.automation.siemens.com/pt\\_br/products/tecnomatix/assembly\\_planning/jack](http://www.plm.automation.siemens.com/pt_br/products/tecnomatix/assembly_planning/jack)>. Acesso em: mar./2013

SILVA FILHO, A. M. da. Avaliação de Usabilidade: “Separando o joio do trigo”. **Revista Espaço Acadêmico**, No 112, set. 2010.

SILVA FILHO, O. L. da; *et al.* Fotogrametria para o levantamento de dados antropométricos: foco na acurácia do escaneamento palmar. XIV CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA E USABILIDADE DE INTERFACES HUMANO-TECNOLOGIA, 2014, Joinville. *Anais...*, 2014.

SPIRDUSO, W. W. **Dimensões físicas do envelhecimento.** Barueri: Manole, 2005.

STREHLAU, V.; BACHA, M.; LORA, M. Idosos não são iguais: uma Análise de Agrupamentos Sobre as Atividades de Lazer da Terceira Idade. In: EMA-Encontro de Marketing, 2., 2006, Rio de Janeiro. *Anais...*, Rio de Janeiro: ANPAD, 2006. p. 1-15.

SUNDIN, A. & ÖRTENGREN, R. *Digital Human Modeling for CAE Applications.* In: SALVENDY, Gavriel. ***Handbook of Human Factors and Ergonomics.*** Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, cap. 39, p. 1053-1078, 2006.

TILLEY, A. R.; Henry Dreyfuss Associates. **As medidas do homem e da mulher:** fatores humanos em design. Porto Alegre: Bookman, 2005.

TULLIS, Tom; ALBERT, Bill. *Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics.* Boston, MA: Morgan Kaufmann, 2008.

University of Michigan. **3D Static Strength Prediction Program<sup>TM</sup>.** Disponível em: <http://www.umich.edu/~ioe/3DSSPP>. Acesso em: mar./2013

User Experience Professional Association (UXPA). **About UX.** Disponível em: <https://uxpa.org/resources/about-ux>. Acesso em: abr./2014.

VANDERHEIDEN, G. C. *Design for people with functional limitations.* In: SALVENDY, Gavriel. ***Handbook of Human Factors and Ergonomics.*** Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, cap. 53, p. 1387-1417, 2006.

WU, T.; TIAN, R.; DUFFY, V. G. *Performing Ergonomics Analyses through Virtual Interactive Design : Validity and Reliability Assessment.*

***Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries***, v. 22, n. 3, p. 256–268, 2012.

YE, X. et al. *Reverse innovative design - an integrated product design methodology*. ***Computer-Aided Design***, v. 40, n. 7, p. 812-827, jul. 2008.

## APÊNDICE I

Termo de consentimento livre esclarecido apresentado aos participantes jovens.



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC  
GABINETE DO REITOR  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS – CEPHS

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(a) senhor(a) está sendo convidado a participar de uma pesquisa de mestrado intitulada "Testes de usabilidade para idosos: aplicação de Digital/ human modeling (DHM) em softwares CAD/CAE", que fará coleta de dados e avaliações, tendo como objetivo desenvolver e avaliar um procedimento para testes de usabilidade virtuais realizados no software SolidWorks Simulation, com foco no usuário idoso; mensurar mãos de usuários idosos e a angulação máxima possível nas articulações do polegar; testar a usabilidade pela métrica sucesso da tarefa; a questão central dessa pesquisa é que "é possível substituir testes usabilidade tradicional por testes virtuais, realizados diretamente na plataforma do SolidWorks Simulation com as ferramentas por ele disponibilizadas, tendo como foco o público idoso?". Serão previamente marcados a data e horário para medições e perguntas, câmera fotográfica e filmadora, objeto de estudo (controle remoto), tripé e questionário. Estas medidas serão realizadas no Laboratório de pesquisas ergonômicas, do Centro de Artes (CEART) da UDESC. Não é obrigatório responder todas as perguntas, submeter-se a todas as medições ou realizar todas as atividades.

Os riscos destes procedimentos serão mínimos, por envolver a realização de uma atividade do cotidiano (uso de controle remoto) e questionário de impressões da atividade. Caso esse procedimento gere algum tipo de constrangimento ou desconforto, não é necessário realizá-lo. O pesquisador responsável estará acompanhando a pesquisa fornecendo explicações para minimizar a possibilidade de constrangimento ao sujeito de pesquisa.

A sua identidade será preservada, pois cada indivíduo será identificado por um número.

Os benefícios e vantagens em participar desse estudo serão a contribuição para o desenvolvimento de produtos adequados a população idosa com custos reduzidos de desenvolvimento e testes mais seguros para os usuários.

A pessoa que estará acompanhando os procedimentos será a pesquisadora estudante de mestrado Mayara Ramos.

O(a) senhor(a) poderá se retirar do estudo a qualquer momento, sem qualquer tipo de constrangimento.

Solicitamos a sua autorização para o uso de seus dados para a produção de artigos técnicos e científicos. A sua privacidade será mantida através da não-identificação do seu nome.

Este termo de consentimento livre e esclarecido é feito em duas vias, sendo que uma delas ficará em poder do pesquisador e outra com o sujeito participante da pesquisa.

Agradecemos a sua participação.

MAYARA RAMOS

(48)9931-2115

R. ACELON EDUARDO DA SILVA, 41.

---

Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos – CEPHS/UDESC  
Av. Madre Benvenuta, 2007 – Itacorubá – Fone: (48)3321-8195  
Florianópolis - SC  
88035-001

### TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu comproendo que neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos de tratamento serão feitas em milímetros, e que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome por extenso \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_ Local: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Termo de consentimento livre esclarecido apresentado aos participantes idosos.



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC  
GABINETE DO REITOR  
COMITÉ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS - CEPHS

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O(a) senhor(a) está sendo convidado a participar de uma pesquisa de mestrado intitulada "Testes de usabilidade para idosos: aplicação de Digital human modeling (DHM) em softwares CAD/CAE", que fará coleta de dados e avaliações, tendo como objetivo desenvolver e avaliar um procedimento para testes de usabilidade virtuais realizados no software SolidWorks Simulation, com foco no usuário idoso; mensurar mãos de usuários idosos e a angulação máxima possível nas articulações do polegar; testar a usabilidade pela métrica sucesso da tarefa; a questão central dessa pesquisa é que "é possível substituir testes usabilidade tradicionais por testes virtuais, realizados diretamente na plataforma do SolidWorks Simulation com as ferramentas por ele disponibilizadas, tendo como foco o público idoso?". Serão previamente marcados a data e horário para medições e perguntas, utilizando fita métrica, câmera fotográfica, trípode, reticulômetro quadruplicado e questionário. Estas medidas serão realizadas no Grupo de Estudos da Terceira Idade (GETI), do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte (CEFID) da UDESC. Não é obrigatório responder todas as perguntas, submeter-se a todas as medições ou realizar todas as atividades.

Os riscos destes procedimentos serão mínimos, por envolver medições não-invasivas (medidas antropométricas) e a realização de uma atividade do cotidiano (uso de controle remoto). Caso esse procedimento gere algum tipo de constrangimento ou desconforto, não é necessário realizá-lo. O pesquisador responsável estará acompanhando a pesquisa fornecendo explicações para minimizar a possibilidade de constrangimento ao sujeito de pesquisa.

A sua identidade será preservada, pois cada indivíduo será identificado por um número.

Os benefícios e vantagens em participar desse estudo serão a contribuição para o desenvolvimento de produtos adequados a população idosa com custos reduzidos de desenvolvimento e testes mais seguros para os usuários.

A pessoa que estará acompanhando os procedimentos será a pesquisadora estudante de mestrado Mayara Ramos.

O(a) senhor(a) poderá se retirar do estudo a qualquer momento, sem qualquer tipo de constrangimento.

Solicitamos a sua autorização para o uso de seus dados para a produção de artigos técnicos e científicos. A sua privacidade será mantida através da não-identificação do seu nome.

Este termo de consentimento livre e esclarecido é feito em duas vias, sendo que uma delas ficará em poder do pesquisador e outra com o sujeito participante da pesquisa.

Agradecemos a sua participação.

MAYARA RAMOS

(48)9931-2115

R. ACELON EDUARDO DA SILVA, 41.

Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos – CEPHS/UDESC  
Av. Madre Benvenuta, 2007 – Itacorubi – Fone: (48)3321-8195  
Florianópolis - SC  
88035-001

**TERMO DE CONSENTIMENTO**

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu comprehendo que neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos de tratamento serão feitas em mim, e que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome por extenso \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_ Local: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

## APÊNDICE II

Termo de consentimento para fotografias, vídeos e gravações apresentado aos sujeitos de pesquisa.



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC  
GABINETE DO REITOR  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS - CEPHS

### CONSENTIMENTO PARA FOTOGRAFIAS, VÍDEOS E GRAVAÇÕES

Permito que sejam realizadas fotografia, filmagem ou gravação de minha pessoa para fins da pesquisa científica intitulada "Testes de usabilidade para idosos: aplicação de *Digital human modeling* (DHM) em softwares CAD/CAE", e concordo que o material e informações obtidas relacionadas à minha pessoa possam ser publicados eventos científicos ou publicações científicas. Porém, a minha pessoa não deve ser identificada por nome ou rosto em qualquer uma das vias de publicação ou uso.

As fotografias, vídeos e gravações ficarão sob a propriedade do grupo de pesquisadores pertinentes ao estudo e, sob a guarda dos mesmos.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
Local e Data

\_\_\_\_\_  
Nome do Sujeito Pesquisado

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Sujeito Pesquisado

## APÊNDICE III

Folha de informações cadastrais e questionário para participantes jovens.



Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC / Centro de Artes – CEART

Programa de Pós-graduação – Mestrado em Design

Reconhecido pelo CEE – Resolução CEE Nº 032/2012 de 10/04/2012, e Decreto Nº 990, de 23/05/2012.

### Questionário de pesquisa – "Testes de usabilidade para idosos: aplicação de Digital human modeling (DHM) em softwares CAD/CAE"

Sujeito de pesquisa nº: \_\_\_\_\_

Sexo: (  )Feminino (  )Masculino

Idade: \_\_\_\_\_

Mão dominante: (  )Destro (  )Canhoto

Apresenta alguma doença musculoesquelética, diabetes ou deficiência visual grave? Qual?

#### Questionário pós-teste de usabilidade:

1. Tinha familiaridade com o controle remoto?  
(  )Sim (  )Não
2. Teve algum desconforto para efetuar a tarefa?  
(  )Sim (  )Não
3. Teve dificuldade de visualizar alguma das teclas?  
(  )Sim (  )Não
4. Teve alguma outra dificuldade na realização da tarefa?  
(  )Sim (  )Não
5. Sentiu necessidade de reposicionar o controle durante a atividade?  
(  )Sim (  )Não

Fixa de informações cadastrais, questionário e dados antropométricos por medida direta dos sujeitos idosos.



Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC / Centro de Artes – CEART

Programa de Pós-graduação – Mestrado em Design

Reconhecido pelo CEE – Resolução CEE Nº 032/2012 de 10/04/2012, e Decreto Nº 990, de 23/05/2012.

**Questionário de pesquisa – “Testes de usabilidade para idosos: aplicação de Digital human modeling (DHM) em softwares CAD/CAE”**

**Sujeito de pesquisa nº:** \_\_\_\_\_

Sexo: ( )Feminino ( )Masculino

Idade: \_\_\_\_\_

Mão dominante: ( )Destro ( )Canhoto

**Questionário pós-teste de usabilidade:**

1. Conhecia o controle remoto?

( )Sim ( )Não

2. Sentiu necessidade de repositionar o controle durante a atividade?

( )Sim ( )Não

3. Teve dificuldade de identificar alguma das teclas?

( )Sim ( )Não

4. Teve algum desconforto para efetuar a tarefa?

( )Sim ( )Não Qual? \_\_\_\_\_

5. Teve alguma outra dificuldade na realização da tarefa?

( )Sim ( )Não Qual? \_\_\_\_\_

**Medidas Polegares:**

	Direito	Esquerdo
Diâmetro articulação carpometacarpiana		
Diâmetro articulação interfalângica proximal		
Diâmetro articulação interfalângica distal		
Ponta do polegar		
Espessura da mão		
Amplitude movimento articulações do polegar		

## APÊNDICE IV

Workbooks.Open

Filename:="C:\Users\User\Dropbox\ceart\_controle\_remoto\Dissertação Mayara\teste controle\tabela\_c\_T2.xlsx"

Range("F3:KN3").Select

Selection.Copy

Range("F5").Select

ActiveSheet.Paste

' Estrutura para medir a distância entre dois pontos (xi,yi) e (xj,yj) e dependendo do valor desta distância são preenchidas as "quintas" colunas de cada corpo (botão)

For I = 1 To 43

xi = 37 + I \* 6

yi = xi + 1

For J = I To 43

xj = 37 + (J + 1) \* 6

yj = xj + 1

dist = Sqr((Cells(3, xi) - Cells(3, xj)) ^ 2 + (Cells(3, yi) - Cells(3, yj)) ^ 2)

If dist < Cells(6, 1) + (Cells(3, xi + 2) / 2) Or dist < Cells(6, 1) + (Cells(3, xj + 2) / 2) Then Cells(5, xi + 4) = "U": Cells(5, xj + 4) = "U"

'mostrar distância entre cada botão

Cells(6 + J, 43 + I) = dist

Next J

Next I

ActiveWorkbook.Save

ActiveWindow.Close

End Sub.

## APÊNDICE V

As imagens abaixo foram apresentadas o resultado da mensuração das medidas antropométricas das mãos realizadas de forma indireta pelo *software* Kinovea de alguns indivíduos participantes da pesquisa.

