



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

**AVALIAÇÃO DE FORÇAS MANUAIS EM ATIVIDADES SIMULADAS COM
INDIVÍDUOS ADULTOS BRASILEIROS DE DIFERENTES GÊNEROS E
FAIXAS ETÁRIAS: ASPECTOS DO DESIGN ERGONÔMICO**

Livia Flávia de Albuquerque Campos



(Proc. 2009/02125-0)

Bauru – 2010

Lívia Flávia de Albuquerque Campos

**AVALIAÇÃO DE FORÇAS MANUAIS EM ATIVIDADES SIMULADAS COM
INDIVÍDUOS ADULTOS BRASILEIROS DE DIFERENTES
GÊNEROS E FAIXAS ETÁRIAS: ASPECTOS DO DESIGN ERGONÔMICO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Faculdade de Arquitetura Artes e Comunicação – UNESP – Campus Bauru, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Design.

Orientador: Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli

Bauru – 2010

Campos, Livia Flávia de Albuquerque.

Avaliação de forças manuais em atividades simuladas com indivíduos adultos brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias: aspectos do design ergonômico / Livia Flávia de Albuquerque Campos, 2010.

135 f. il.

Orientador: Luis Carlos Paschoarelli

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2010.

1. Design. 2. Ergonomia. 3. Design ergonômico. 4. Usabilidade. 5. Instrumentos manuais. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. II. Título.

BANCA DE AVALIAÇÃO

Titulares

Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli

*Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP – Campus Bauru
Orientador*

Prof. Dr. José Carlos Plácido da Silva

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP – Campus Bauru

Prof. Dr. Fernando José Carneiro Moreira da Silva

Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa – FA/UTL

Suplentes

Prof. Dr^a. Ana Beatriz de Oliveira

Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. João Candido Fernandes

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP – Campus Bauru

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE LÍVIA FLÁVIA DE ALBUQUERQUE CAMPOS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DO(A) FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICACAO DE BAURU.

Aos 05 dias do mês de outubro do ano de 2010, às 09:00 horas, no(a) Sala dos Órgãos Colegiados da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. LUIS CARLOS PASCHOARELLI do(a) Departamento de Desenho Industrial / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, Prof. Dr. JOSÉ CARLOS PLÁCIDO DA SILVA do(a) Departamento de Desenho Industrial / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, Prof. Dr. FERNANDO JOSÉ CARNEIRO MOREIRA DA SILVA do(a) Departamento de Design / Universidade Técnica de Lisboa, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de LÍVIA FLÁVIA DE ALBUQUERQUE CAMPOS, intitulada "AVALIAÇÃO DE FORÇAS MANUAIS EM ATIVIDADES SIMULADAS COM INDIVÍDUOS ADULTOS BRASILEIROS DE DIFERENTES GÊNEROS E FAIXAS ETÁRIAS: ASPECTOS DO DESIGN ERGONÔMICO". Após a exposição, a discente foi argüida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO

----- Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. LUIS CARLOS PASCHOARELLI


Prof. Dr. JOSÉ CARLOS PLÁCIDO DA SILVA


Prof. Dr. FERNANDO JOSÉ CARNEIRO MOREIRA DA SILVA

A eles, meu porto seguro.

***Mãe,** Elaine de Albuquerque Campos.*

***Pai,** José de Ribamar Campos Sobrinho.*

***Vó,** Conceição de Maria Sousa Campos.*

***Irmão,** Lúcio Flávio de Albuquerque Campos.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha rocha e minha fortaleza.

À minha família, meu porto seguro, que tem acreditado em mim e nos meus sonhos.

Ao orientador e amigo, Professor Luis Carlos Paschoarelli, que conduziu com maestria, cuidado e comprometimento cada etapa do desenvolvimento desta pesquisa.

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – pelo apoio financeiro concedido para a realização deste trabalho (PROC. 2009/02125-0).

Às empresas FABRIMAR e DOCOL pelo apoio no fornecimento dos volantes de metais sanitários para estudo.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Design da FAAC – UNESP – Bauru, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos Professores José Carlos Plácido da Silva, João Cândido Fernandes, Ana Beatriz de Oliveira, Fernando José Carneiro Moreira da Silva e Raimundo Lopes Diniz pelo cuidado com que avaliaram e contribuíram com este trabalho.

À seção de Pós-Graduação, em especial a Helder Gelonezi e Silvio Decimone pelo suporte, principalmente durante o período de coleta de dados.

A todos os voluntários que dedicaram uma parte de seu tempo para contribuir com o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os amigos de perto, que aqui foram para mim mais do que companheiros de trabalho, foram irmãos: Jamille Lanutti, Fábio Muniz, Mariano Lopes, Danilo Corrêa, João Carlos Plácido, Mariana Menin, Rafaela Balbi, Camila Nakata, Franciele Menegucci, Verônica de Paula; Ricardo Rinaldi, Aline Jhango e Mayara Nascimento.

A todos os amigos de longe, que me encheram de força e coragem para suportar a saudade e prosseguir: Carolina Nahuz, Amanda Oliveira, Socorro Lago, César Martins, Valter Neto, Rafaela Souza, Paulo Emílio, Aline Furtado, Leidiane Barros, Cynthia Raphaelle, Lílian Brasil, Otávio Oliveira, Caroline Gaspar, Rafaela Franco, Yanne Kívia, e os que porventura não mencionei, mas que certamente guardo saudade, afeto e gratidão.

*“Em Deus está a minha salvação e a minha glória;
a rocha da minha fortaleza e o meu refúgio estão em Deus.”*

Salmos 62:7

*“Uma publicação científica pode ser comparada a um pequeno tijolo que depositamos na
imensa parede da Ciência. É a nossa pequena contribuição ao conhecimento da humanidade.”*

Prof. Dr. Paulo C. Razuk

ABSTRACT

The ergonomic design aims to minimize the problems in the interface Human x Technology and for this, it is based on usability evaluation methodologies, which are applied during the development of product design. Among the interfaces of ergonomic demand are the hand tools, which lack of usability can contribute to create biomechanics problems, discomfort and dissatisfaction in the user. Among these interfaces, there are the doorknobs and handle faucets, where, with frequency, the safety, efficiency, comfort and effectiveness aren't considered, and the aesthetic and symbolic aspects are more valued. The variables of interest in this type of interface involves: the torque strength, the gender and age. The aim of this study was the evaluation of torque strength at different simulated hand activities by groups of adult Brazilian males and females of different age groups. This research evaluated 180 subjects (18 - 29 years=30♂ and 30♀; 30 - 55 years =30♂ and 30♀; over 55 years=30♂ and 30♀); a torque transducer and other complementary tools were used for data collection. The methods and techniques applied were based on the biomedical and ethics recommendations. The data analysis was based on descriptive statistics and included the application of tests for verification of significant differences. The results show the influence of the object's design in the torque strength, considering the different genders and age groups. This information is very important to hand tools design, adapting it to the limits and capabilities musculoskeletal of different groups of subjects.

Keywords: *design, ergonomics, ergonomic design, usability, hand tools.*

RESUMO

O design ergonômico tem por objetivo minimizar os problemas na interface Homem x Tecnologia e, para isto, baseia-se em metodologias de avaliação de usabilidade, as quais são aplicadas ainda durante o desenvolvimento do projeto de produto. Entre as interfaces de demanda ergonômica destacam-se os instrumentos manuais, cuja ausência de usabilidade pode favorecer o surgimento de problemas de ordem biomecânica, desconforto e insatisfação no usuário. Dentre estas interfaces, encontram-se as maçanetas para portas e os volantes de metais sanitários, nos quais nem sempre são levados em consideração os aspectos de segurança, eficiência, conforto e efetividade, tendo sobrelevados os aspectos estéticos e simbólicos. As variáveis de interesse neste tipo de interface envolvem as forças manuais que resultem em torque (rotação), bem como o gênero e idade. O objetivo desse estudo foi a avaliação e análise física do torque, em diferentes atividades manuais simuladas, por grupos de sujeitos adultos brasileiros, do gênero masculino e feminino, e de diferentes faixas etárias. Esta pesquisa, de caráter experimental, avaliou 180 indivíduos (18 a 29 anos=30♂ e 30♀; 30 a 55 anos =30♂ e 30♀; acima de 55 anos=30♂ e 30♀); utilizou um transdutor de torque além de outros instrumentos complementares para a coleta de dados. Os métodos e técnicas aplicados basearam-se no atendimento aos critérios e recomendações biomédicas e éticas. A análise de dados baseou-se em estatística descritiva e contou com a aplicação de testes para verificação das diferenças estatisticamente significativas. Os resultados apresentam dados que demonstram a influência dos desenhos dos objetos no acionamento das interfaces de acionamento manual considerando-se os diferentes gêneros e faixas etárias; e caracterizam-se por apresentar importantes informações aos projetos das interfaces, adequando-as aos limites e capacidades musculoesqueléticas dos diferentes grupos de sujeitos.

Palavras-chave: design, ergonomia, design ergonômico, usabilidade, instrumentos manuais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Exemplo de mobilidade reduzida no cotidiano. Fonte: Mace et al. (1991, p. 12).	22
Figura 2	Linha do tempo no Design das maçanetas. Fonte: Adaptado de Cichinelli (2008).	23
Figura 3	Volante de metal sanitário. Fonte: Lorenzetti (2009).	24
Figura 4	Evolução histórica do design de metais sanitários: o caso das torneiras e seus volantes. Fonte: Campos e Paschoarelli (2010).	25
Figura 5	Exemplos de movimentos preênsis. Fonte: ISTOCKPHOTO (2010); STOCK.XCHNG (2010).	27
Figura 6	Exemplos de movimentos não preênsis. Fonte: STOCK.XCHNG (2010); ISTOCKPHOTO (2010).	27
Figura 7	Ossos do membro superior em vista dorsal. Fonte: adaptado de Tortora e Grabowski (2002, p. 39-40)	28
Figura 8	Alguns músculos intrínsecos e extrínsecos envolvidos na preensão humana. Fonte: adaptado de Tortora e Grabowski (2002, p. 55).	29
Figura 9	Grupos de tipos de preensões. Fonte: adaptado de Kapandji (2007, p. 309–325).	29
Figura 10	Diminuição da força de homens e mulheres ao longo dos anos. Fonte: adaptado de Iida (2005, p.371).	33
Figura 11	Força de preensão manual de 847 sujeitos (20-100 anos). Fonte: adaptado de Spirduso et. al (2005, p.109).	35
Figura 12	Fatores que influenciam na perda de força muscular ao longo dos anos. Fonte: adaptado de Spirduso et. al (2005, 112).	36
Figura 13	Formatos de pega avaliados por Cochran e Riley (1986). Fonte: Cochran e Riley (1986).	39
Figura 14	– Interfaces de acionamento manual analisadas por Peebles e Norris (2003). Fonte: adaptado de Peebles e Norris (2003, p. 19).	39
Figura 15	Pegas estudadas por Kong et al. (2007 e 2008). Fonte: adaptado de Kong et al. (2008, p.193).	40
Figura 16	Dinamômetros de Reginier de 1798. Fonte: Bud e Warner (1998, p. 194).	43

Figura 17	Dinamômetro de Desagulier. Fonte: Pern (1978).	43
Figura 18	Procedimento de digitalização e as variáveis antropométricas analisadas. Fonte: Muniz et al. (2010).	50
Figura 19	Nove variáveis envolvidas no estudo da antropometria da mão humana.	51
Figura 20	Estrutura da Pesquisa.	55
Figura 21	Dinamômetro digital AFG 500 (Mecmesin Ltd., UK). Fonte: MECMESIN (2010).	59
Figura 22	Transdutor de torque estático (Mecmesin Ltd., UK). Fonte: MECMESIN (2010).	60
Figura 23	Sistema de encaixe no transdutor de torque estático para as maçanetas.	60
Figura 24	Sistema de encaixe no transdutor de torque estático para os volantes.	60
Figura 25	Base de apoio para coleta de dados biomecânicos.	61
Figura 26	Maçanetas utilizadas por Paschoarelli (2009).	62
Figura 27	Volantes adquiridos mediante doação por parte de duas grandes empresas brasileiras FABRIMAR e DOCOL.	63
Figura 28	Volante com elementos em borracha.	66
Figura 29	Grupo de volantes selecionados para análise.	67
Figura 30	Balança pesadora digital com antropômetro (Welmy Modelo W-200).	67
Figura 31	Scanner de mesa colorido (4800 x 2400 dpi Lide 100 Canon).	68
Figura 32	Escala gráfica e cobertura para as mãos utilizadas nos procedimentos da Biofotogrametria.	68
Figura 33	Levantamento antropométrico das mãos por Biofotogrametria.	71
Figura 34	Posicionamento da mão durante o procedimento de Biofotogrametria.	72
Figura 35	Simulação do acionamento de uma interface manual.	73
Figura 36	Resultados gerais (médias e desvios padrão) na comparação entre os gêneros para o torque em interface de maçanetas; e valor de “p” para o teste de Mann-Whitney.	82
Figura 37	Resultados gerais (médias e desvios padrão) na comparação entre as faixas etárias (18-29 anos; 30-55 anos; e acima de 55 anos) para o torque em interface de maçanetas; e valores de “p” para o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e o pos hoc teste de comparações múltiplas não paramétricas (ZAR, 1999, apud PASCHOARELLI, 2009).	83

Figura 38	Resultados gerais (médias e desvios padrão) na comparação entre os gêneros e faixas etárias para o torque em interface de maçanetas; e níveis de significância das comparações entre os grupos de sujeitos para o teste de Friedman e o pos hoc de Dunn (ZAR, 1999, apud PASCHOARELLI, 2009); para os sujeitos do gênero masculino da faixa etária acima de 55 anos, teste ANOVA (Multivariate tests) para medidas repetidas e o pos hoc de Bonferroni.	84
Figura 39	Resultados gerais (médias e desvios padrão) na comparação entre o torque dos gêneros na interface dos volantes; e valor de “p” para o teste de Mann-Whitney.....	85
Figura 40	Resultados gerais (médias e desvios padrão) na comparação entre as faixas etárias (18-29 anos; 30-55 anos e maior que 55 anos) para o torque em interface de volantes de metais sanitários; e valores de “p” para o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e o pos hoc teste de comparações múltiplas não paramétricas (ZAR, 1999, apud PASCHOARELLI, 2009).	86
Figura 41	Resultados gerais (médias e desvios padrão) na comparação entre os gêneros e faixas etárias para o torque em interface de volantes de metais sanitários; e níveis de significância das comparações entre os grupos de sujeitos para o teste de Friedman e o pos hoc de Dunn (ZAR, 1999, apud PASCHOARELLI, 2009); para os sujeitos do gênero masculino da faixa etária acima de 55 anos, teste ANOVA (Multivariate tests) para medidas repetidas e o pos hoc de Bonferroni.	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características antropométricas gerais dos sujeitos da amostra	58
Tabela 2	Tabela de classificação em ordem decrescente, baseada no número de diferenças estatisticamente significativas. DS: corresponde ao número de diferenças significativas.	64
Tabela 3	Tabela de classificação em ordem decrescente, baseada no número de diferenças estatisticamente significativas e posteriormente com base no torque médio verificado para cada volante.	65
Tabela 4	Tabela de seleção dos volantes conforme taxonomia das formas.	65
Tabela 5	Tabela de seleção dos primeiros cinco volantes.....	66
Tabela 6	Classificação final dos volantes selecionados para teste	67
Tabela 7	Dados da análise sobre a influência do gênero no torque para as maçanetas e volantes; valores de “ p ” para o teste de normalidade para ambos os gêneros; valores de “ p ” para o teste não paramétrico de <i>Mann-Whitney</i> ; e valores de “ p ” para o teste paramétrico <i>t</i> de <i>Student</i> ;	77
Tabela 8	Dados da análise sobre a influência da faixa etária no torque para as maçanetas e volantes; valores de “ p ” para o teste de normalidade para as diferentes faixas etárias; e valores de “ p ” para o teste não paramétrico de <i>Kruskal-Wallis</i>	78
Tabela 9	Dados da análise sobre a influência do desenho no torque manual para as maçanetas; valores de “ p ” para o teste de normalidade e esfericidade; valores de “ p ” para o teste não paramétrico de <i>Friedman</i> e para o teste paramétrico ANOVA (<i>Multivariate tests</i>).	80
Tabela 10	Dados da análise sobre a influência do desenho no torque manual para os volantes; valores de “ p ” para o teste de normalidade e esfericidade; valores de “ p ” para o teste não paramétrico de <i>Friedman</i> e para o teste paramétrico ANOVA (<i>Multivariate tests</i>).	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFG	<i>Advanced Force Gauge</i>
ANOVA	Análise de Variância
AVC	Acidente Vascular Cerebral
DM	Dimensão Manual
DORT	Distúrbio Osteo-Muscular Relacionado ao Trabalho
DS	Diferença Significativa
ERG BR	Norma Ergonômica Brasileira
EVA	<i>Etil Vinil Acetato</i>
FAAC	Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
JPEG	<i>Joint Picture Expert Group</i>
Kg	Kilograma
LEI	Laboratório de Ergonomia e Interfaces
LER	Lesão por Esforço Repetitivo
m	metro
Nm	Newton metro
NBR	Norma Brasileira
NS	Não Significativa
SIAMFESP	Sindicato da Indústria de Artefatos de Metais não Ferrosos do Estado de São Paulo
STC	Síndrome do Túnel do Carpo
STT	<i>Static Torque Transducer</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UK	<i>United Kingdom</i> (Reino Unido)
UNESP	Universidade Estadual Paulista

SUMÁRIO

FOLHA DE ROSTO

ABSTRACT

RESUMO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO TEÓRICA	21
2.1. As maçanetas para portas.....	21
2.2. Os volantes de metais sanitários	23
2.3. As forças manuais	26
2.3.1.O ato preênsil e os membros superiores	27
2.3.1.1. Forças de preensão manual	30
2.3.1.2. A influência do gênero nas forças de preensão manual	31
2.3.1.3. A influência da idade nas forças de preensão manual	33
2.3.1.4. Forças de preensão manual associadas ao torque	36
a) <i>A influência do tamanho da pega</i>	37
b) <i>A influência do desenho da pega</i>	38
c) <i>A influência do acabamento superficial</i>	40
2.4. Métodos de avaliação do design ergonômico.....	41
2.4.1. Análise da aplicação de forças de preensão manual	42
2.4.2. Avaliação de força de preensão manual	44
2.4.2.1. Recomendações para a coleta de dados biomecânicos.....	45
2.4.2.2. Procedimentos de coleta.....	45
2.4.2.3. Posicionamento dos sujeitos.....	47
2.4.2.4. Questões Éticas.....	48
2.4.2.5. Critérios de exclusão	49
2.4.3. Método para levantamento antropométrico dos membros superiores	49
2.5. Justificativas para o estudo.....	52
2.5.1. Questão da pesquisa	53

2.5.2. Hipótese	53
3. OBJETIVOS.....	54
3.1. Objetivo geral	54
3.2. Objetivos específicos	54
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	55
4.1. Tipo e estrutura da pesquisa	55
4.2. Questões éticas	56
4.3. Sujeitos.....	56
4.3.1. Definição da Amostra	56
4.3.2. Perfil da amostra	58
4.4. Materiais e equipamentos.....	58
4.4.1. Equipamentos de medição	59
4.4.2. Estrutura móvel para coleta de dados.....	61
4.4.3. Interfaces de acionamento manual	62
4.4.4. Equipamentos para caracterização da amostra	67
4.4.5. Protocolos de pesquisa.....	69
4.5. Procedimentos	69
4.5.1. Pré-testes.....	69
4.5.2. Coleta de dados	70
4.5.3. Análise estatística	76
4.6. Pontos positivos e dificuldades metodológicas.....	81
5. RESULTADOS	82
5.1 A influência do gênero no torque manual em maçanetas.....	82
5.2 A influência da faixa etária no torque manual em maçanetas	83
5.3 A influência do desenho da maçaneta no torque manual	84
5.4 A influência do gênero no torque manual em volantes de metais sanitários ...	85
5.5 A influência da faixa etária no torque manual em volantes de metais sanitários.....	86
5.6 A influência do desenho do volante de metal sanitário no torque manual	87
6. DISCUSSÕES.....	89
6.1 A influência do gênero no torque manual em maçanetas.....	89
6.2 A influência da faixa etária no torque manual em maçanetas	90

6.3	A influência do desenho da maçaneta no torque manual	92
6.4	A influência do gênero no torque manual em volantes de metais sanitários ...	93
6.5	A influência da faixa etária no torque manual em volantes de metais sanitários.....	94
6.6	A influência do desenho do volante de metal sanitário no torque manual	96
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
	APÊNDICES	113
	APÊNDICE A.....	113
	APÊNDICE B.....	114
	APÊNDICE C.....	115
	APÊNDICE D1.....	116
	APÊNDICE D2.....	117
	APÊNDICE E1.....	118
	APÊNDICE E2.....	119
	APÊNDICE E3.....	120
	APÊNDICE E4.....	121
	APÊNDICE E5.....	122
	APÊNDICE E6.....	123
	APÊNDICE E7.....	124
	APÊNDICE E8.....	125
	APÊNDICE E9.....	126
	APÊNDICE E10.....	127
	APÊNDICE E11.....	128
	APÊNDICE E12.....	129
	ANEXOS.....	130
	ANEXO A.....	130
	ANEXO B.....	131
	ANEXO C.....	132
	ANEXO D.....	133
	GLOSSÁRIO.....	134

1. INTRODUÇÃO

Houve um tempo em que o homem fabricava suas próprias ferramentas e como sua sobrevivência dependia do bom funcionamento dos seus utensílios, estes deveriam ser perfeitamente adequados às suas capacidades e necessidades.

A revolução tecnológica, advinda da industrialização desencadeada a partir do século XIX, trouxe inúmeros benefícios ao estilo de vida contemporâneo. Introduziram-se, em escala crescente, a informática, a robótica, as experimentações genéticas e as telecomunicações; as quais proporcionaram diversas transformações na maneira de viver das pessoas. Inúmeras vantagens tornaram-se assim possíveis e acessíveis, o que incitou o desenvolvimento de novos produtos que correspondessem a um novo “padrão” de consumo de uma população.

Entretanto, este tipo de desenvolvimento vem demonstrando alguns atritos na relação Usuário x Tecnologia, especialmente nas interfaces de uso dos produtos - que nem sempre são projetados com vistas a atender aos aspectos de usabilidade, desempenho e segurança.

Quanto à usabilidade, esta visa permitir que os produtos sejam fáceis de usar, fáceis e rápidos de aprender (NIELSEN, 1993; JORDAN, 1998). É compreendida por Paschoarelli (2003) como a maximização da funcionalidade de um produto em sua interface com o usuário. Entretanto, apesar de ser uma questão óbvia – destaca Soares (2002) –, nem sempre ela é uma característica incorporada nos produtos e este aspecto pode ser verificado na dificuldade que os usuários têm em manipular algumas interfaces o que pode até mesmo proporcionar acidentes durante o manuseio.

Vários atritos estão relacionados, por exemplo, às atividades ocupacionais ou cotidianas, como a dificuldade encontrada por idosos ou mulheres ao acionarem objetos projetados e produzidos baseados em parâmetros da população masculina adulta.

É exatamente esta relação entre o ser humano e seus sistemas/ambientes de trabalho que trata a Ergonomia, ou conjunto de “[...] conhecimentos sobre as capacidades, limites e outras características do desempenho humano e que se relacionam com o projeto de interfaces” (HENDRIK, 1993, p. 43). O termo ‘trabalho’, no sentido em que se aplica na definição da ergonomia, possui uma acepção bastante ampla e,

segundo Iida (2005), ocorre em toda a situação que envolva o relacionamento entre o homem e seu trabalho (ou tarefa); além de qualquer outra atividade humana com propósito, particularmente se ela envolve algum grau de experiência ou esforço, como complementa Moraes e Mont'Alvão (2000).

Atualmente, a ação ergonômica amplia sua análise para as atividades cotidianas, e sua práxis tem fundamentado o denominado *design ergonômico*, ou “[...] aplicação do conhecimento ergonômico no projeto de dispositivos tecnológicos, com o objetivo de alcançar produtos e sistemas seguros, confortáveis, eficientes, efetivos e aceitáveis” (PASCHOARELLI, 2003, p. 8).

Entre as interfaces que requerem estudos no campo da ergonomia destacam-se os instrumentos manuais, os quais são utilizados em grande parte das atividades de trabalho ou do cotidiano, “[...] seja para realizar tarefas que exigem mais precisão ou mais força do que a mão de uma pessoa poderia fornecer” (CHENGALUR, 2004, p. 342); ou para servir como suporte físico de manejo que é a “[...] forma de ‘engate’ que ocorre entre o homem e a máquina, pelo qual, torna-se possível ao homem, transmitir movimentos de comando à máquina [ou qualquer outro acionamento]” (IIDA, 2005, p. 178-179).

A ausência de usabilidade nestas interfaces pode favorecer o surgimento de problemas que envolvem a capacidade do sistema musculoesquelético, o desconforto e insatisfação no usuário; e as variáveis de interesse neste tipo de interface envolvem o torque manual, a antropometria, bem como o gênero e idade.

Como exemplos, destacam-se as maçanetas para portas e os volantes de metais sanitários, nos quais nem sempre são levados em consideração os aspectos de usabilidade, desempenho e segurança, tendo sobrelevados os aspectos estéticos e simbólicos. Observa-se que o design destes produtos, para diferentes grupos de indivíduos, faixas etárias e que considere os gêneros masculino e feminino, depende do conhecimento ergonômico relacionado à capacidade do sistema musculoesquelético na geração de forças para manipulação dos mesmos.

Verifica-se a importância de estudos na área do Design Ergonômico os quais contribuam na análise das interfaces de acionamento manual de uso cotidiano, tais como as maçanetas para portas e os volantes de metais sanitários, projetados sem o conhecimento mínimo das capacidades e necessidades que envolvem o sistema musculoesquelético dos usuários.

A demanda por estudo destes produtos é grande, e pode abordar aspectos como a análise da área de contato; como a usabilidade em indivíduos destros e canhotos; os aspectos relativos à cognição no uso de produtos com sensor; à usabilidade dos registros com acionamento por pressão; às análises da força necessária ao acionamento, além de limites humanos; pode abordar ainda, a influência do desenho da interface, da mão de acionamento, da direção da força, dentre outros.

Alguns destes estudos podem parecer de resultados óbvios. Entretanto, diante do caráter recente da pesquisa em Design na busca de parâmetros da população brasileira e da carência de metodologias para avaliação destes produtos, tais estudos, são de extrema relevância à comunidade científica e permite dar passos rumo à pesquisa em Design com base em dados físicos de um grupo de sujeitos.

Dentre estas demandas, destaca-se a influência do desenho destas interfaces na transmissão de força por diferentes grupos de sujeitos. Diante disso, o presente estudo objetiva realizar uma avaliação e análise física do torque manual, em diferentes atividades manuais simuladas, para o acionamento de maçanetas para portas e volantes de metais sanitários, por grupos de sujeitos adultos brasileiros, dos gêneros masculino e feminino, de diferentes faixas etárias, com a finalidade de verificar se o desenho desses produtos influencia na transmissão de força pelo usuário.

Serão avaliados 180 indivíduos (18 a 29 anos = 30♂ e 30♀; 30 a 55 anos = 30♂ e 30♀; acima de 55 anos = 30♂ e 30♀), utilizando-se um transdutor de torque, além de outros equipamentos complementares para a coleta de dados. Os procedimentos caracterizam-se pela simulação de atividades de acionamento de maçanetas para portas e de volantes de metais sanitários com diferentes desenhos (formas); a análise dos dados baseou-se em estatística descritiva e análises para verificação da ocorrência de diferenças significativas.

Com os resultados analisados foi possível compreender os diferentes desempenhos das atividades e sua relação com os gêneros, faixas etárias e os desenhos das interfaces.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. As maçanetas para portas

As fechaduras são parte integrante do sistema de segurança das edificações e auxiliam na função de controlar, restringir ou permitir o acesso aos ambientes, trazendo segurança e privacidade (PSQF, 2010). As maçanetas são componentes essenciais de interface desse produto e permitem o acesso aos ambientes das edificações.

A Norma Brasileira de Acessibilidade NBR 9050:2004 (ABNT, 2004), mais especificamente o seu item 6.9.2.3, instrui que as maçanetas devem estar sempre dispostas a uma altura de 0,90 m a 1,10 do piso acabado, e devem possuir de preferência, acionamento do tipo alavanca, a qual permite acionamento facilitado por um movimento único.

O termo acessibilidade está relacionado ao “[...] espaço, edificação, mobiliário, equipamento urbano ou elemento que possa ser alcançado, acionado, utilizado e vivenciado por qualquer pessoa, inclusive aquelas com mobilidade reduzida”; e não se refere apenas aos indivíduos portadores de necessidades especiais, mas diz respeito à “[...] possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização com segurança e autonomia de edificações, espaço, mobiliário, equipamento urbano e elementos” por qualquer pessoa (ABNT, 2004, p.2).

Os elementos são definidos como “[...] qualquer dispositivo de comando, acionamento, comutação ou comunicação. São exemplos de elementos: telefones, intercomunicadores, interruptores, maçanetas, torneiras, registros, válvulas, botoeiras (caixa de comando com botões, como por exemplo, os comandos de acionamento de elevadores, sinais de trânsito para pedestres, etc.), painéis de comando, entre outros” (ABNT, 2004, p. 4).

A questão fundamental da acessibilidade refere-se ao fato de que os seres humanos, em diferentes momentos de sua vida, percebem a necessidade dela. A mobilidade reduzida não diz respeito apenas à deficiência física, mas na vida, experimentam-se diversas situações no cotidiano que dificultam, temporariamente, o

relacionamento com o ambiente. Dentre estas situações podem-se destacar: a gestação; fraturas; torcicolos; quando se transporta objetos muito grandes ou pesados; entre outros (MACE et al., 1991) (Figura 1).



Figura 1 - Exemplo de mobilidade reduzida no cotidiano. Fonte: Mace et al. (1991, p. 12).

No desenrolar histórico desses produtos, o que pode ser observado é que as maçanetas ganharam elevado valor estético e passaram a ser incorporadas, não somente como um mecanismo de suporte físico ao manejo, mas como um elemento decorativo.

Na década de 60, dentre os modelos disponíveis nas casas de material de construção, algumas peças se destacavam, como o modelo que remete à Bauhaus em seu nome (Figura 2), já nos modelos lançados na década de 70 predominava o uso de formas geométricas (Figura 2), e na década de 80, o design barroco, caracterizado pelo excesso de formas e ornamentação, foi a principal marca das peças produzidas no Brasil (Figura 2) (CICHINELLI, 2008).

Alguns avanços pontuais quanto à usabilidade dessa interface podem ser observados no início do século XXI, com alguns modelos que apostam na funcionalidade como possibilidade da variedade de soluções formais (Figura 2).

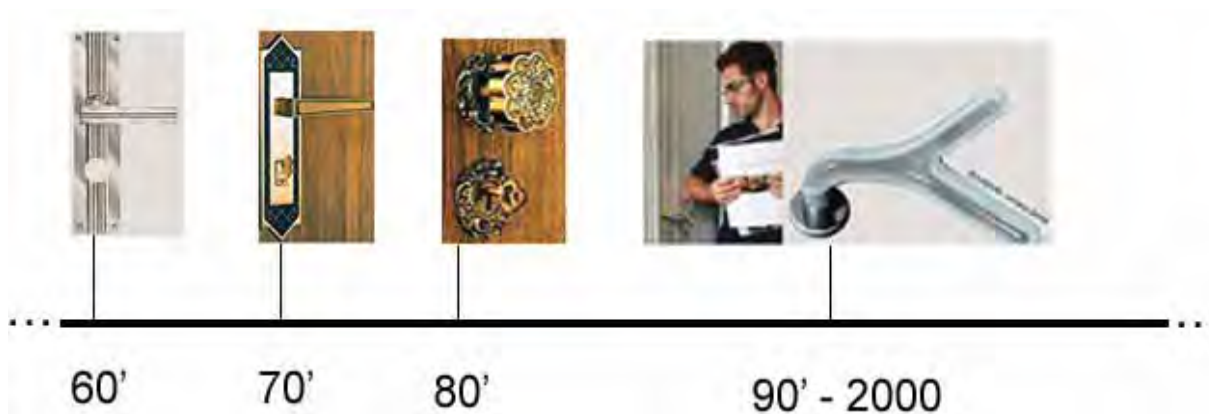


Figura 2 – Linha do tempo no Design das maçanetas. Fonte: Adaptado de Cichinelli (2008).

O design adequado desse tipo de interface manual deve levar em consideração variáveis tais como idade, gênero e antropometria, a fim de garantir usabilidade e segurança no acesso aos ambientes construídos.

Esse aspecto é abordado por Mace et al. (1991), os quais esclarecem que ao invés de responder apenas às exigências mínimas das leis que abordam algumas características especiais para deficientes físicos, é possível projetar itens e elementos de construção (tais como as maçanetas de portas) para serem utilizados por uma vasta gama de usuários, incluindo crianças, idosos, pessoas com deficiência e pessoas de diferentes estaturas.

Entretanto, observa-se por parte das indústrias despreocupação com tais aspectos (CAMPOS; PASCHOARELLI, 2009) ou se as tem, não existem dados ou metodologias de avaliação disponíveis ao acesso do setor.

2.2. Os volantes de metais sanitários

Os metais sanitários constituem-se em toda a linha de utensílios e equipamentos presentes em cozinhas, banheiros (ou salas de banho), áreas de serviço e lavabos, como: torneiras, chuveiros, duchas, misturadores, válvulas de descarga, registros hidráulicos e acessórios (saboneteiras, porta-toalhas, cabides, papeleiros, etc.). Os volantes (Figura 3) são as pegadas dos metais sanitários, em que há interface Usuário x Produto no

acionamento de torneiras, misturadores e registros hidráulicos (CAMPOS; PASCHOARELLI, 2009).

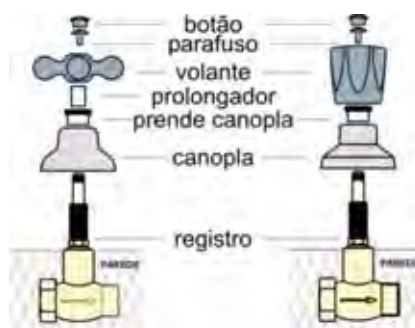


Figura 3 – Volante de metal sanitário. Fonte: Lorenzetti (2009).

De acordo com a norma NBR 9050:2004 (ABNT, 2004), as torneiras de lavatório devem ser acionadas por manejos do tipo alavanca, sensor eletrônico ou dispositivos equivalentes. Quando forem utilizados misturadores, estes devem ser preferencialmente de monocomando. Para o caso dos acionamentos do chuveiro, os volantes também devem ser do tipo alavanca, preferencialmente de monocomando, e ser instalados a uma altura de 1,00 m do piso acabado.

Quanto ao design dessa interface o que se observa é que, em muitos casos, constitui-se na ‘releitura’ de produtos desenvolvidos no exterior e apresentam uma tendência ao minimalismo, com formas retas, geométricas, simplificadas e simétricas (CAMPOS; PASCHOARELLI, 2009). Para os autores, esta tendência pode se configurar em puramente simbólica, que em muitos casos está distante das reais habilidades e necessidades dos usuários. A análise dessa interface sob o ponto de vista de seus processos históricos permite compreender como estes produtos transpassaram de suportes físicos do manejo a itens decorativos.

A evolução histórica dos metais (Figura 4) vem de encontro à história da higiene, do banho e dos banheiros. Acredita-se que todos os povos tenham praticado alguma forma de higiene pessoal (MOURA, 2008), mas na Idade Média a Igreja abominou os banhos tratando-os como orgias pecaminosas (ARIÈS; DUBY, 1991). Segundo Feijó (2010) a privação de água durou até o século XVII, quando se provou definitivamente que as doenças se originavam não do banho, mas da falta dele. O iluminismo, que celebrava a razão e defendia a tese de que o mundo deveria ser esclarecido pela ciência,

ajudou a fazer do banho um símbolo da saúde. Foi nas últimas décadas do século XIX e nas primeiras do século XX que a história do Brasil contemplou uma preocupação com a higiene. O redimensionamento das condições de higiene doméstica trouxe consigo, entre as décadas de 1860 e 1890, a introdução da maioria das instalações hidráulicas, louças e aparelhos domésticos, formando a cozinha e banheiro modernos (DENIS, 2000).

Segundo Tambini (1996) as primeiras torneiras do século XX eram produzidas, em geral, de bronze ou níquel. Os volantes do tipo cruzeta eram bem comuns, até o surgimento do tipo alavanca, que veio facilitar o uso das torneiras (Figura 4). O autor explica que a partir da década de 30, surgiram conjuntos em várias cores e, a partir da década de 50, o plástico passou a ter grande aceitação. No Brasil há registros da presença das cores e do plástico nos metais sanitários a partir da década de 80 (Figura 4).

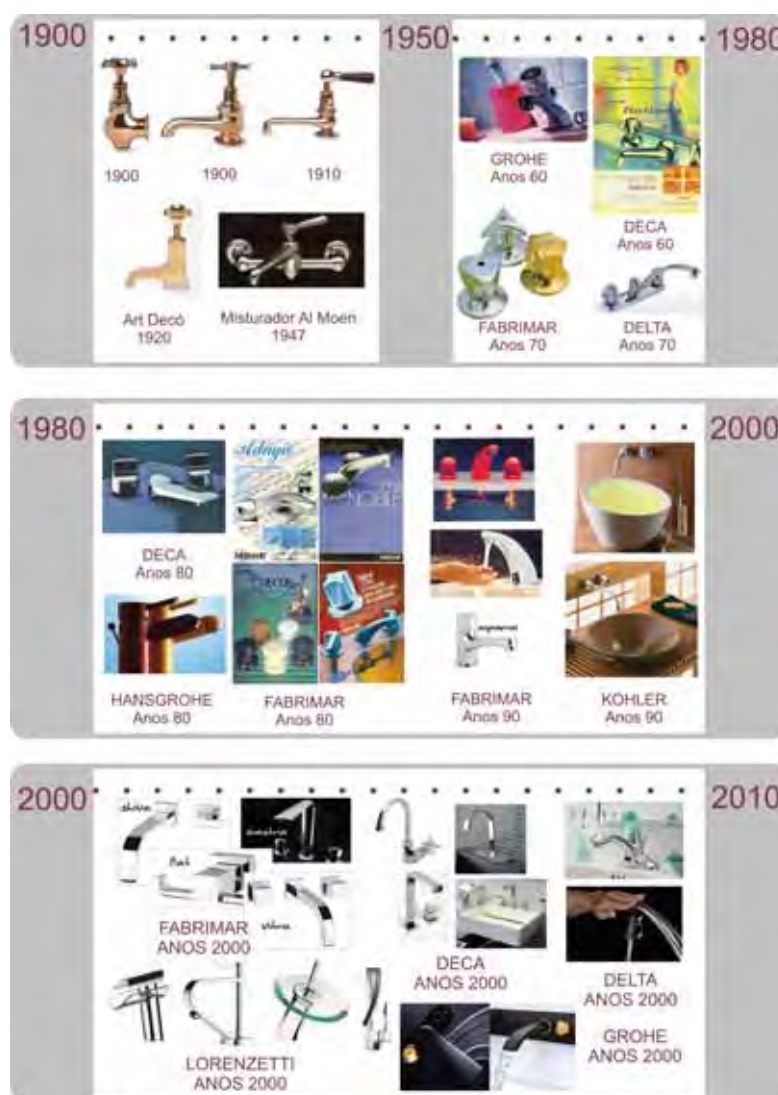


Figura 4 – Evolução histórica do design de metais sanitários: o caso das torneiras e seus volantes. Fonte: Campos e Paschoarelli (2010)

O mundo moderno passou a cultuar o banho e o asseio como uma forma de preservação da saúde e bem estar. A decoração dos interiores chegou até os banheiros e passou-se a observar modificações estéticas nesse espaço (DECACLUB, 2010).

A partir da década de 80, as torneiras não eram mais simplesmente utilitárias, combinavam elegância e uma nova consciência para o consumo de água e saneamento. Observa-se então, a chegada das torneiras automáticas ou equipadas com sensor de raio infravermelho (Figura 4).

O século XXI imprime ao conceito de metais sanitários, desenhos tão diferenciados e incomuns que transformaram as torneiras no centro das atenções em um projeto de banheiro, e assim, torna os aspectos estéticos e simbólicos sobrelevados.

De acordo com estimativas do Sindicato das Indústrias de Artefatos de Metais não Ferrosos – SIAMFESP, o mercado de metais sanitários insere-se no setor de construção civil e movimenta anualmente cerca de 600 milhões de reais. Entretanto, não existe no setor uma demanda permanente por serviços de design ergonômico, o qual fica em segundo plano frente a outras atividades do processo produtivo. Isto resulta na inexistência de qualquer alocação de recursos humanos e financeiros, a fim de solucionar os problemas no manejo desta interface manual (CAMPOS; PASCHOARELLI, 2009).

A análise das interfaces de acionamento manual, tais como as maçanetas de portas e os volantes de metais sanitários, que visem investigar os problemas relacionados à usabilidade, segurança e desempenho no uso destes produtos, deve levar em consideração as capacidades e limites físicos humanos.

Estudos deste gênero requerem, dentre outras variáveis, o conhecimento das forças manuais envolvidas em sua manipulação. Esta variável e os fatores que a influenciam serão abordadas no tópico seguinte.

2.3. As forças manuais

O estudo dos membros superiores não é recente. Napier (1985, p.20) relatou que “fora da natureza não existe nada que seja comparável à mão humana”; e Kapandji (2007, p. 198) se referiu à mão do homem como uma “[...] ferramenta maravilhosa capaz de realizar inúmeras ações graças à sua função essencial: a **preensão**”.

2.3.1. O ato preênsil e os membros superiores

Napier (1985) estudou amplamente os movimentos que a mão é capaz de realizar, e os classificou como: preênsis e não preênsis. Os movimentos de preensão são definidos como “[...] aqueles em que um objeto fixo ou solto é agarrado por uma ação de apertar ou pinçar entre os dedos e a palma” (p. 77), como pode ser visualizado abaixo na Figura 5 .



Figura 5 – Exemplos de movimentos preênsis. Fonte: ISTOCKPHOTO (2010); STOCK.XCHNG (2010).

Já os movimentos não preênsis da mão toda “[...] incluem empurrar, levantar, bater e pontear com os dedos, como a digitação, dedilhar um instrumento musical de cordas ou tapar os orifícios de um instrumento de sopro” (p. 79), os quais podem ser visualizados na Figura 6.



Figura 6 – Exemplos de movimentos não preênsis. Fonte: STOCK.XCHNG (2010); ISTOCKPHOTO (2010).

Kapandji (2007, p. 200) esclarece que “[...] a capacidade de preensão da mão do ser humano é devida à sua arquitetura, que permite que ela esteja amplamente espalmada, ou fechada sobre ela mesma ou ao redor de um objeto”.

A mão humana, como porção do membro superior, é composta pelos ossos denominados “[...] carpos, metacarpos e falanges” (p.7); o braço é constituído pelo úmero;

e o rádio e a ulna constituem o antebraço (HAMIL; KNUTZEN, 1999), como pode ser visualizado na Figura 7.

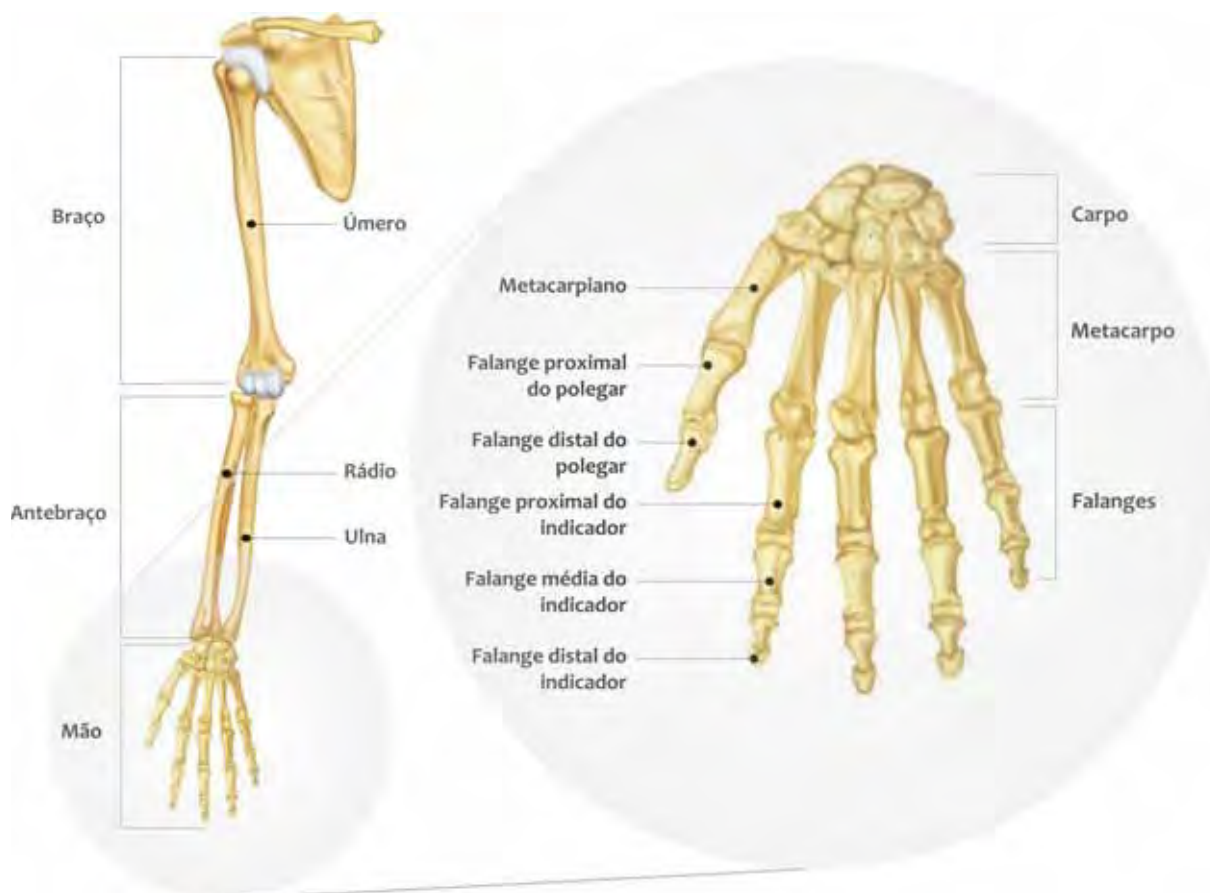


Figura 7 - Ossos do membro superior em vista dorsal. Fonte: adaptado de Tortora e Grabowski (2002, p. 39-40)

Quanto aos grupos musculares, Chao et al. (1976) esclarecem que as preensões são controladas por dois grupos em conjunto:

- Músculos intrínsecos: se localizam na própria mão e são responsáveis pela maleabilidade e precisão; e
- Músculos extrínsecos: se encontram localizados no antebraço e são responsáveis pela aplicação de forças e pela transmissão de estabilidade nos movimentos.

A Figura 8 mostra alguns dos músculos extrínsecos e intrínsecos envolvidos na preensão.



Figura 8 – Alguns músculos intrínsecos e extrínsecos envolvidos na preensão humana. Fonte: adaptado de Tortora e Grabowski (2002, p. 55).

Kapandji (2007, p. 308) afirmou existirem muitos padrões de preensão, mas os dividiu em três grandes grupos: “[...] as preensões propriamente ditas (Figura 9), que também podem ser denominadas pinças; as preensões com atuação da gravidade; e as preensões mais movimentos”.



Figura 9 – Grupos de tipos de preensões. Fonte: adaptado de Kapandji (2007, p. 309–325).

Para Napier (1985) a importância do conhecimento destes termos aplica-se fundamentalmente no desenho da empunhadura das ferramentas. Este desenho deve sempre ser ditado pela natureza da operação envolvida. Porém, “[...] com demasiada frequência, parece que a capacidade inventiva e a engenhosidade se concentram na parte operacional, e o punho [ou empunhadura] é negligenciado” (p.81). Acrescenta ainda que a “mão humana é altamente adaptável e pode obter uma preensão firme sobre quase todos os tipos de pegadas dos mais diversos formatos; mas para que a ferramenta seja de máxima eficiência, o punho deve ser desenhado para uma função específica” (p.81). Para o autor “uma análise cuidadosa da atividade em vista, sob todos os gêneros de condições e situações ambientais [...], determinará a preensão mais eficiente” (p.81).

2.3.1.1. Forças de preensão manual

A maioria das atividades ocupacionais e do cotidiano é realizada através da intervenção humana e nesse caso, “a capacidade de uma pessoa realizar o trabalho mecânico é determinada por sua capacidade de exercer força muscular” (MITAL; KUMAR, 1998, p. 101)

A força muscular foi um termo escolhido para diferenciar de termos que denotam a resistência dos ossos, ligamentos e tendões. Nesse contexto força muscular é definida por Chaffin et al. (2001) como a “[...] força máxima que um grupo de músculos consegue desenvolver sobre condições prescritas” (p. 101). Esclarece ainda que “[...] pelo fato do músculo ser ativado voluntariamente, alguns pesquisadores se referem à força muscular como níveis máximos de esforço voluntário” (p.101).

O conhecimento da força muscular humana foi tratado por Mital e Kumar (1998, p. 102) como de extrema importância, pois “[...] por meio dela é possível projetar dispositivos os quais estarão em conformidade com as capacidades físicas dos seres humanos, além de prevenir lesões musculoesqueléticas”.

Dentre as forças musculares, as de preensão manual têm sido largamente investigadas, principalmente, por meio da medição da força voluntária isométrica máxima que pode ser exercida sobre um dinamômetro, em inúmeros padrões de empunhadura. Os atuais dinamômetros digitais permitem a mensuração da força aplicada em um sistema baseado em células de carga de maneira bastante confiável (DIAS et al., 2010).

2.3.1.2. A influência do gênero nas forças de preensão manual

A amplitude de força em uma população adulta, normal e saudável, varia bastante; de modo que o mais forte pode ter de 6 a 10 vezes mais força que o mais fraco (CHAFFIN et al., 2001).

Quanto ao gênero, as diferenças biológicas entre homens e mulheres são amplamente conhecidas: dimensões antropométricas, forças musculares, capacidade cardiovascular, dentre outras.

Iida (2005, p.99) explica que “[...] as mulheres possuem mais tecido gorduroso em todas as idades, enquanto os homens possuem mais músculos esqueléticos”. Quanto à capacidade muscular “[...] as mulheres possuem uma capacidade muscular de aproximadamente dois terços do homem” (p.99). Isso se explica pelo fato de que, além dos homens possuírem mais músculos esqueléticos, “[...] elas possuem um coração menor, além de menor concentração de hemoglobina no sangue, fazendo com que haja menos suprimento de oxigênio nos músculos” (p.99).

Para Sanders e McCormick (1993) dentre as muitas características individuais que podem afetar a força, o gênero apresenta-se como uma das maiores diferenças em valores médios. O gênero feminino gera forças de aproximadamente dois terços (67%) da força do gênero masculino, podendo ainda variar de 35% a 89% dependendo do grupo muscular avaliado.

Para a preensão palmar, há relatos de que as mulheres realizam forças entre 50% e 60% da força dos homens (HÄRKÖNEN et al., 1993; CROSBY et al., 1994; MAMANSARI; SALOKHE, 1996; IMRHAN, 2003; EDGREN et al., 2004), enquanto outros autores encontraram valores maiores, de 71% a 74% (FRANSSON; WINKEL, 1991; CAPORRINO et al., 1998).

Para o torque manual, estudos indicam que a o gênero feminino realiza em torno de 49,12% a 51,5% da força do gênero masculino (IMRHAN; JENKINS, 1999; KIM; KIM, 2000), enquanto outros autores apresentam valores entre 62% a 66% (MITAL, 1986; MITAL; SANGHAVI, 1986; SHIH; WANG, 1996, 1997).

Shih e Wang (1997) avaliaram o torque em movimento de desvios ulnar e radial em válvulas de variados diâmetros (de 55 – 120 mm) e os resultados apresentaram maiores torques para o gênero masculino para as pegas maiores (118 e 120 mm); e as mulheres

para as médias (75 e 95 mm). Estes resultados foram atribuídos às diferenças individuais, como a antropometria das mãos.

Mital e Kumar (1998) afirmaram que as forças isocinéticas (dinâmicas) das mulheres são de apenas 50% das forças isocinéticas dos homens; e as forças isométricas (estáticas) das mulheres são cerca de dois terços das forças isométricas dos homens.

Paschoarelli et al. (2006a) constataram que a força de preensão digital pulpolateral masculina é significativamente maior que a feminina. No entanto, este estudo é ainda considerado preliminar, uma vez que se limitou ao uso de um dinamômetro de pinça (Pinch Gauge-B&L-PG60).

Matsuoka et al. (2006) estudaram o torque manual em indivíduos adultos destros americanos, e, dentre outros resultados, observaram que os homens geraram torque duas vezes maior que o gerado pelas mulheres.

De igual modo, Morse et al. (2006) verificaram que as médias do torque manual foram maiores no gênero masculino que no gênero feminino, em 20 sujeitos americanos avaliados.

Razza (2007) observou que a proporção de força de preensão (bidigital, pulpolateral e tridigital) do gênero feminino, em relação ao gênero masculino, foi de 76,96% na média de todas as variáveis, isto implica que o gênero masculino é 29,94% mais forte que o gênero feminino, em média.

Seo et al. (2008) em seus estudos sobre a performance do torque máximo (flexão/extensão) concluíram que média da força de punho para a flexão no gênero masculino foi duas vezes maior que para o gênero feminino.

Paschoarelli (2009) observou em estudos com maçanetas para portas, com indivíduos portugueses, que os sujeitos do gênero masculino apresentaram torque significativamente maior que os sujeitos do gênero feminino. Com variação, para as maçanetas cujas regiões da pega ficam próximas ao eixo de rotação, de 43% a 47%; e para as maçanetas cujas regiões da pega ficam mais distantes desse eixo, de 59% a 77%.

Apesar dessas diferenças, é necessário cautela ao fazer generalizações, pois há uma grande variabilidade na força manual entre os gêneros masculino e feminino, e apesar de vários estudos investigarem essas relações, ainda não há consenso em quanto o gênero masculino é mais forte.

2.3.1.3. A influência da idade nas forças de preensão manual

As populações humanas são formadas de indivíduos diferentes, com diversos tipos físicos e biótipos. Estas diferenças também ocorrem ao longo da vida de um indivíduo. No decorrer dos anos, observa-se “[...] uma gradativa perda de forças e mobilidade, tornando os movimentos musculares mais fracos, lentos e de amplitude menor. Isso se deve aos processos de perda da elasticidade das cartilagens e da calcificação”. Em termos comparativos “[...] a força de uma pessoa de 70 anos equivale à metade de uma de 30 anos” (IIDA, 2005, p.100). E nesse sentido, acrescentam Mital e Kumar (1998) que dentre os fatores que mais influenciam as forças humanas, encontra-se a idade.

A força muscular “[...] começa a decrescer gradativamente a partir dos 30 anos de idade (Figura 10). Aos 65 anos, essa perda é de 25%”. As mulheres aos 50 anos “[...] conseguem exercer cerca da metade da força dos homens de mesma idade” (IIDA, 2005, p. 372).

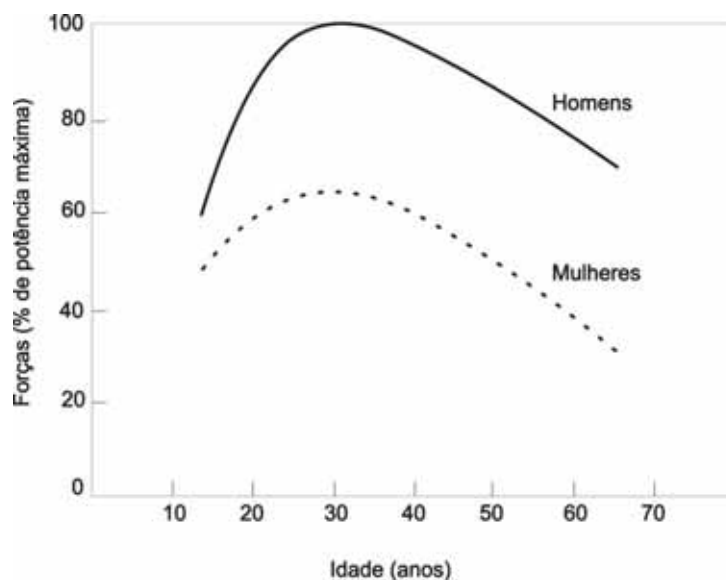


Figura 10 – Diminuição da força de homens e mulheres ao longo dos anos. Fonte: adaptado de Iida (2005, p.371).

Lynch et al. (1999 apud Spirduso, 2005) acrescentam que ocorrem significativas mudanças na capacidade muscular com o aumento da idade, como por exemplo, nos músculos das extremidades superiores, tais como os músculos flexores do cotovelo ou extensores do punho, entretanto, estas alterações ocorrem em menores proporções se

comparadas à dos músculos dos membros inferiores.

A maioria dos estudos na área da biomecânica, os quais envolvam a manipulação de objetos, apresenta uma tendência de variação da força manual relacionada à idade do indivíduo, as quais confirmam um pico de força no início da fase adulta e um declínio gradual até o início da velhice (MONTTOYE; LAMPHIYER, 1977; MATHIOWETZ et al., 1985; VOORBIJ; STEENBEKKERS, 2001).

De acordo com alguns destes estudos, o período em que se obtém a força máxima está na faixa dos 25-29 anos (MONTTOYE; LAMPHIYER, 1977; VOORBIJ; STEENBEKKERS, 2001) e o marco para o início da perda da capacidade muscular relacionada à idade está situado entre os 50 e 55 anos de idade (MONTTOYE; LAMPHIYER, 1977; MATHIOWETZ et al., 1986; HANTEN et al., 1999; VOORBIJ; STEENBEKKERS, 2001).

De acordo com outros estudos de força em faixas etárias diferentes (CATHCART, 1927; ASMUSSEN e HEEBOLL-NIELSON, 1962; CHAFFIN, HERRIN, et al., 1977) a força muscular parece ser maior por volta dos 30 anos de idade, com um declínio após este período.

A força média da população na idade de 40 anos pode ser aproximadamente 5% menor, e na idade de 60, 20% menor do que próximo dos 30 anos de idade (ROEBUCK et al., 1975; HERTZBERG, 1972; SHEPHARD, 1995).

Alguns estudos apontam que a faixa etária entre os 30 a 55 anos tem apresentado as maiores magnitudes de força. Peebles e Norris (2000) encontraram para a força de aperto com o dedo indicador; força bidigital (polegar/indicador) associada à tração; força de aperto manual; força de torção de punho; e força para abertura de frascos; as maiores magnitudes na faixa etária de 31 a 50 anos para ambos os gêneros.

Paschoarelli (2009) verificou na avaliação de torque manual fixo em interfaces de maçanetas para porta em diversas faixas etárias, que para três delas, os indivíduos da faixa etária de 30 a 55 anos apresentaram as maiores médias de torque, apesar de duas delas não serem estatisticamente significativas.

A partir da análise dos dados de Paschoarelli (2009) pode-se deduzir ainda, que a faixa etária acima dos 55 anos realizou 78% a 88% da força registrada para a faixa etária de 30 a 55 anos; e 96% a 98% da força da faixa etária de 18 a 29 anos. Estes resultados parecem apontar para uma semelhança entre a força dos idosos à população jovem,

verificando-se os maiores registros de força à população adulta (30 – 55 anos).

Verifica-se que poucas mudanças discretas na força isométrica são observadas até os 60 anos, entretanto de acordo com Spirduso et. al (2005), esta força diminui de 1,0% a 1,5% ao ano de 50 a 70 anos e 3% por ano após esse período (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 1998; KALLMAN et al., 1990; VANDERVOORT, 2002; apud SPIRDUSO et al., 2005). Observa-se ainda que os maiores índices de força de aperto encontram-se nas faixas de 30 a 50 anos.

Dados sobre a força de prensão manual de 847 sujeitos do gênero masculino de 20 a 100 anos são apresentadas na Figura 11.

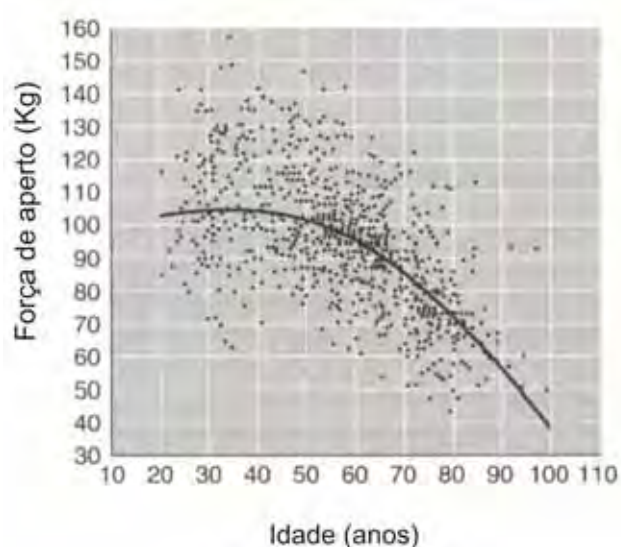


Figura 11 - Força de prensão manual de 847 sujeitos (20-100 anos). Fonte: adaptado de Spirduso et. al (2005, p.109).

Alguns estudos abordam que com o avanço da idade, os indivíduos passam a apresentar força equivalente a adolescentes ou crianças (IMRHAN; LOO, 1989; PEEBLES; NORRIS, 2000 e 2003).

Nesse sentido, Peebles e Norris (2000 e 2003) constataram que os indivíduos de 60 a 80 anos apresentaram forças semelhantes aos indivíduos de 11 a 15 anos, e os indivíduos acima de 80 anos realizaram forças equivalentes a crianças de 6 a 10 anos.

Spirduso et al. (2005) explicam que esse declínio da força com o envelhecimento é fortemente afetado pela perda de massa muscular, que está relacionado à Sarcopenia. Esse fenômeno reduz o tamanho da massa muscular que se contrai e, portanto, a sua força.

A perda de força muscular é influenciada também às mudanças nas características das fibras musculares; no sistema nervoso; no fluxo sanguíneo muscular; ao aumento de doenças; à má alimentação; e a diminuição da frequência nas atividades físicas; que contribuem diretamente para o declínio na força muscular bem como, indiretamente, para o aumento da atrofia muscular (Figura 12).

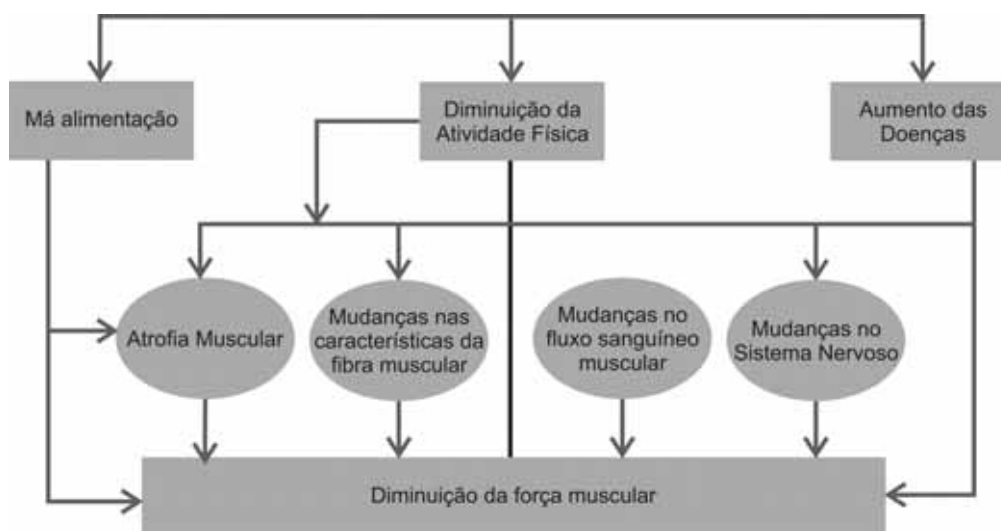


Figura 12 – Fatores que influenciam na perda de força muscular ao longo dos anos. Fonte: adaptado de Spirduso et. al (2005, 112).

Diante do aumento da idade média da população mundial, verifica-se a importância do conhecimento das capacidades que envolvem o sistema musculoesquelético dos indivíduos de diversas faixas etárias, uma vez que, no Brasil, de acordo com estatísticas do IBGE a população idosa configura-se em um contingente de quase 15 milhões de pessoas, com estimativas para os próximos 20 anos de mais de 30 milhões de pessoas, o que poderá representar quase 13% da população (IBGE, 2002). Isto implica em ações no âmbito do Design Ergonômico a fim de garantir a satisfação dos usuários no projeto de produtos seguros, confortáveis e eficazes.

2.3.1.4. Forças de preensão manual associadas ao torque

Inúmeras atividades que envolvem o sistema musculoesquelético podem ser associadas às forças de preensão manual como, por exemplo, o torque necessário ao acionamento de controles circulares; de maçanetas para portas; para aberturas de frascos; acionamento de torneiras; dentre outras.

A manipulação de objetos circulares, como abrir uma tampa de frasco, girar uma válvula ou uma maçaneta de porta é tratada por Shim et al. (2007) como parte das atividades cotidianas e envolvem normalmente a produção de torque (ação de torção) em um objeto apreendido. No entanto, podem apresentar sérios problemas para os idosos, pacientes com AVC (Acidente Vascular Cerebral), e pessoas com próteses de mão.

Ações musculares foram relatadas por Mital e Kumar (1998) como necessárias para exercer as forças e torques ao operar os equipamentos e os controles sem infligir danos pessoais, uma vez que esforços biomecânicos observados em atividades manuais – por exemplo, as forças de torção – são correlacionados com a ocorrência de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORTs).

A performance repetitiva e de elevado esforço de tais tarefas aumenta o risco de lesões e alterações motoras, como a Síndrome do Túnel do Carpo (STC) (KUTLUHAN et al., 2001; KAO, 2003; SHIM et al., 2007), a qual está incluída sob o rótulo de LER/DORT (Lesão por esforço repetitivo/Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho), conforme a Norma Técnica do INSS (ASSUNÇÃO, 1995).

Entre as forças de preensão manual em atividades simuladas, diversos estudos abordam diferentes tipos de interface e incluem o torque manual, tais como: cabos de ferramentas (MITAL, 1986; MITAL; CHANNAVEERAIHAH, 1988); pegas cilíndricas (PHEASANT; O'NEILL, 1975; IMRHAN; JENKINS, 1990 e 1999; IMRHAN et al., 1992); tampos de frascos (BERNS, 1981; ROHLES et al., 1983; NAGASHIMA; KONZ, 1986; IMRHAN; LOO, 1989); puxadores e pequenos acionamentos (DEINAVAYAGAM; WEAVER, 1988; ADAMS; PETERSON, 1988).

Imrhan e Jenkins (1999) especificaram que, dentre outras, as características do objeto tais como o acabamento superficial; dimensões; materiais; ou desenho, são variáveis de influência na atividade de manejo que envolve o torque manual.

a) A influência do tamanho da pega

O diâmetro da pega é um dos critérios essenciais na concepção de ferramentas que buscam maximizar o desempenho e reduzir o estresse sobre os músculos do antebraço e tendões do dedo. O consenso entre os estudos é que a saída de torque é proporcional ao diâmetro do cabo (KONG et al., 2007).

Swain et al. (1970) investigaram o torque manual efetuado em três pequenos acionamentos o quais possuíam 10mm, 12,7mm e 19 mm; em uma ação mecânica de pronação e supinação. Os resultados de torque observados foram correlacionados ao tamanho da pega, de modo que quanto maior foi a pega, maior foi o torque registrado.

Pheasant e O'Neill (1975) ao se preocuparem com a efetividade na relação mão-pega na preensão palmar aliada ao torque, compararam sete pegas, as quais variaram de 10 – 70 mm de diâmetro, em movimento de flexoextensão. Os resultados apontaram que pegas de tamanho médio foram consideradas melhores. A pega de 50 mm registrou as maiores magnitudes de torque e a maior área de contato, já as pegas pequenas, devido à pouca superfície de contato, não permitira a preensão adequada.

Adams e Peterson (1988) avaliaram o torque em movimento de pronosupinação em três pequenos conectores circulares (23mm, 38mm e 51 mm). O maior conector permitiu amplitudes maiores ante aos dois menores. Dentre as variáveis analisadas no estudo o tamanho do conector foi a mais influente nos resultados do torque manual.

Kim e Kim (2000) avaliaram o torque em cinco diferentes interfaces (chave de fenda, chave inglesa, pega cilíndrica, botão giratório e volante de direção) comumente utilizadas na indústria. Os valores do torque foram maiores no volante de direção, em seguida na chave-inglesa, depois na pega cilíndrica, seguido do botão giratório e finalmente a chave de fenda.

Kong e Lowe (2005a,b) exploraram o torque em movimentos de flexoextensão em cinco cilindros de vários diâmetros (25, 30, 35, 40, 45 e 50 mm) e concluíram que, apesar de não linear, o torque aumentou na medida em que o tamanho da pega também aumentava. Em acordo com estudos de Pheasant e O'Neill (1975) a pega de 50 mm apresentou as maiores magnitudes.

b) A influência do desenho da pega

Quanto ao desenho do objeto adverte-se que este deve ser projetado para maximizar o conforto, o desempenho das tarefas e a área de contato entre a palma e a pega; com vistas a proporcionar melhor distribuição de força e reduzir a pressão sobre a mão (IIDA, 1971; NAPIER, 1985; IIDA, 2005; KONG et al., 2007).

Cochran e Riley (1986) avaliaram o torque em movimento de flexoextensão, com

nove pegas, com diferentes formatos (Figura 13). Observaram que as pegas retangulares apresentaram os melhores resultados e as pegas cilíndricas, os piores. A pega triangular também apresentou maiores amplitudes de torque, enquanto que a pega quadrada apresentou amplitudes inferiores. Os autores consideram que este fenômeno se deve ao maior braço de momento disponível nas pegas retangulares.

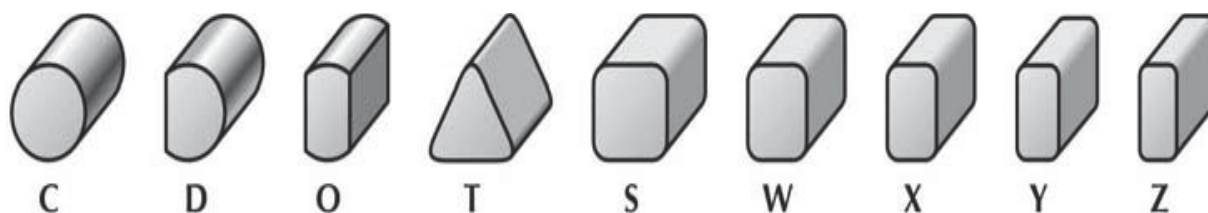


Figura 13 - Formatos de pega avaliados por Cochran e Riley (1986). Fonte: Cochran e Riley (1986).

Mital e Channaveeraiah (1988) analisaram chaves de fenda e relataram que pegas triangulares apresentaram produção de maior torque, seguidas pelas pegas quadradas e circulares. Não houve diferença significativa entre o manejo das formas quadrada e circular.

Shih e Wang (1996) estudaram quatro diferentes formatos em movimento de flexoextensão: circular, hexagonal, quadrangular e triangular. Os resultados apontaram para uma relação similar aos estudos anteriores: a pega com formato triangular apresentou os maiores resultados e a circular, os menores.

Peebles e Norris (2003) analisaram seis puxadores diferentes (Figura 14) e dentre eles duas maçanetas (uma cilíndrica e uma alavanca). Os resultados apontaram que o desenho das interfaces parecera afetar significativamente a força máxima, pois foram encontradas diferenças significativas em todas as análises.

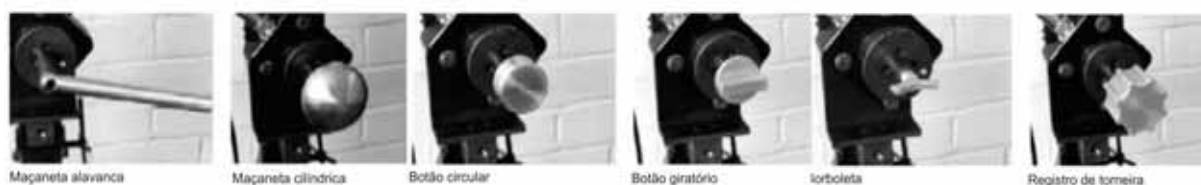


Figura 14 – Interfaces de acionamento manual analisadas por Peebles e Norris (2003). Fonte: adaptado de Peebles e Norris (2003, p. 19).

A maçaneta que permitiu a manipulação com a mão inteira gerou forças mais

elevadas do que os puxadores que permitiram a manipulação com os dedos somente (por exemplo, a porca borboleta e o botão estriado). Já a força exercida sobre a maçaneta de alavanca excedeu em muito as forças exercidas sobre todos os outros puxadores.

Kong et al. (2007 e 2008) avaliaram a influência do desenho e do acabamento superficial de chaves de fenda. A ação estudada contou com a simulação da tarefa de parafusar com torque voluntário máximo utilizando-se pegas com três formas em sentido longitudinal (circular, hexagonal e triangular) e quatro formas no sentido lateral (cilíndrica, tronco duplo invertido, tronco duplo e cone) (Figura 15).

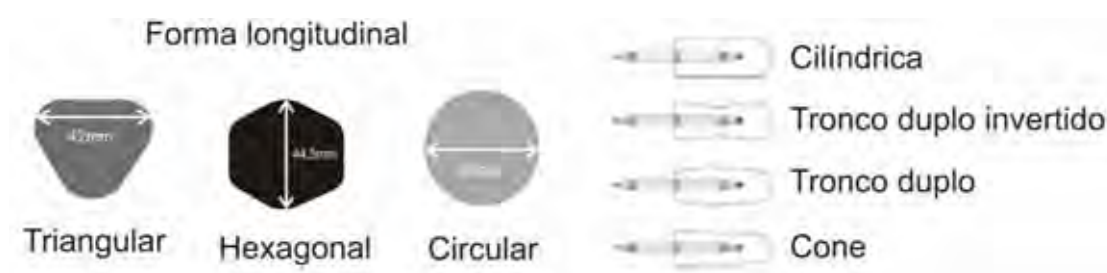


Figura 15 – Pegas estudadas por Kong et al. (2007 e 2008). Fonte: adaptado de Kong et al. (2008, p.193).

Os resultados apontaram que quanto ao desenho das pegas (em relação à forma lateral), as de tronco duplo invertido foram associadas à produção de menos torque (5,23 Nm) do que o tronco duplo (5,44 Nm) e o cone (5,37 Nm). Chaves de fenda com combinações de formas transversais circulares ou hexagonais, e com forma lateral de tronco duplo foram as formas ideais neste estudo.

c) A influência do acabamento superficial

Cilindros lisos e rugosos de diversos tamanhos foram avaliados por Pheasant e O'Neill (1975) e a rugosidade foi relatada como fator significativo no aumento do torque manual.

Magill e Konz (1986) compararam sete chaves de fenda comercialmente disponíveis de forma e tamanho semelhantes, entretanto, com acabamento superficial em diferentes materiais, plástico, madeira e borracha. Com base na produção de torque máximo, foram analisados o tempo para a condução de um parafuso e a preferência subjetiva dos sujeitos. As pegas de borracha foram relatadas como a de maior preferência,

seguida pelo plástico e pela madeira. As pegas de borracha e plástico foram associadas à produção de maior torque e capacidade de manipulação ante ao cabo de madeira.

Shih e Wang (1997) avaliaram o torque em movimentos aplicados em desvios ulnar e radial, em válvulas lisas e rugosas de vários diâmetros (lisas: 55, 62, 75, 95 e 118mm; e rugosas: 55, 62, 69, 98 e 120 mm). Em conformidade com Pheasant e O'Neill (1975) a rugosidade favoreceu significativamente o alcance de magnitudes superiores de torque em média 17% maiores do que os registrados para a válvula lisa.

Imrhan e Jenkins (1999) também estudaram pegas lisas e rugosas e concluíram que a pega rugosa apresentou torque superior em 15% que a pega lisa.

No estudo desenvolvido por Kong et al. (2007 e 2008) a análise do desenho e do acabamento superficial de chaves de fenda apontou que com relação ao acabamento superficial, as pegas com acabamento em plástico foram associadas com o torque de saída 15% menor (4,86 Nm) do que as pegas revestidas com borracha (5,73 Nm).

2.4. Métodos de avaliação do design ergonômico

O Design Ergonômico se caracteriza por diversos métodos projetuais (ERGONOMI DESIGN GRUPPEN, 1997; NORRIS; WILSON, 1997; SANDVIK, 1997; MORAES; FRISONI, 2001; PASCHOARELLI, 2003; e IIDA, 2005), cujos princípios baseiam-se na análise ergonômica da atividade e na determinação de critérios ergonômicos e de usabilidade para o desenvolvimento de produtos, mas apesar de expressivos, os aspectos relacionados à avaliação e à análise do produto são pouco demonstrados e/ou discutidos nesses trabalhos.

Quanto ao manejo ergonômico, o primeiro grande estudo brasileiro foi realizado por Iida (1971) e, no decorrer das últimas décadas, outros especialistas têm desenvolvido estudos na área, cujo enfoque apresenta-se mais voltado aos aspectos ocupacionais (da engenharia) ou epidemiológicos (da fisioterapia e medicina do trabalho).

Estudos e avaliações destinadas a fornecer parâmetros para o design ergonômico de instrumentos manuais ainda são poucos e a indústria no Brasil ainda é carente de dados da população brasileira. Sobre este aspecto, a Sandvik (1997) destaca os denominados “testes de usabilidade” durante o processo de desenvolvimento do produto;

e Paschoarelli (2003, p. 124), demonstra um conjunto de “procedimentos metodológicos de avaliação e análise do produto”, o qual pode servir de parâmetro para a análise de instrumentos manuais.

Nesse sentido, o Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI) da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP/ Campus Bauru desenvolveu uma série de estudos os quais buscam contribuir na geração de parâmetros ao Design Ergonômico bem como desenvolver/aprimorar as metodologias de avaliação de produtos tecnológicos (PASCHOARELLI; GIL COURY 2000, 2002a,b; 2004a,b,c; PASCHOARELLI et al. 2006a,b; PASCHOARELLI et al. 2007). Enfoques especiais têm sido dados na análise de aplicação de forças manuais necessárias ao manejo de produtos por diferentes faixas etárias (RAZZA, 2007; DARROUJ, 2009; PASCHOARELLI, 2009).

A fim de compreender os termos e recomendações acerca das avaliações e análises biomecânicas de forças manuais, procedeu-se com uma revisão dos principais termos, características e aspectos metodológicos referentes à coleta de dados biomecânicos.

2.4.1. Análise da aplicação de forças de preensão manual

A análise de aplicação de forças de preensão manual é um assunto recorrente em áreas como a Fisioterapia; Clínica Médica; Reabilitação da mão; Educação Física; Ortopedia; Fisiologia do Esporte e do Exercício, dentre outras.

Nesse sentido, Dias et al. (2010) se refere à avaliação da força de preensão manual como parâmetro na prática clínica, capaz de desempenhar importante papel no controle de processos de reabilitação; na avaliação e tratamento de distúrbios musculoesqueléticos da mão; e na avaliação de pessoas com patologias neurológicas.

Além disso, a força de preensão manual é entendida como indicador geral de força e potência musculares (IKEMOTO et al., 2007) podendo ser correlacionada até à taxas de mortalidade (RANTANEN et al., 2003). É útil, ainda, na área esportiva (BERTUZZI et al. 2005; LEYK et al., 2007; BORGES JUNIOR et al., 2009); na reabilitação ocupacional (SANDE et al., 2001); e na Ergonomia (WATANABE, 2004).

As avaliações de força remontam do fim do século XVII e a principal referência é de Edmund Reginier que em 1798 (Figura 16) utilizou pela primeira vez o termo

“Dinamômetro” (instrumento utilizado para medições da força muscular voluntária) em seu artigo *“Description et usage du Dynamomètre...”* (BUD; WARNER, 1998).

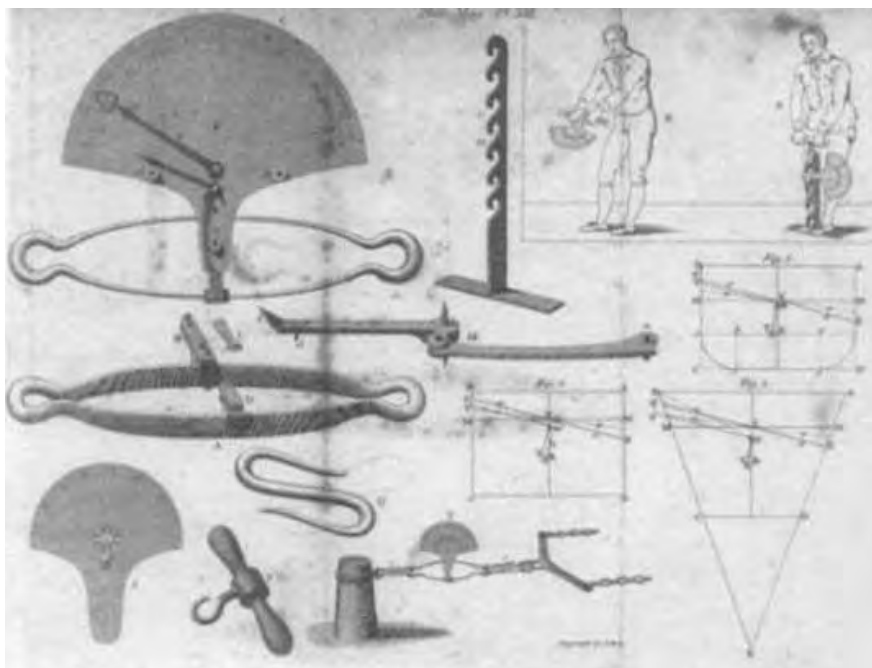


Figura 16 – Dinamômetros de Reginier de 1798. Fonte: Bud e Warner (1998, p. 194).

Antes disso, Pern (1978) cita o equipamento utilizado por J. T. Desaguliers em 1763, que avaliava a força muscular por meio do levantamento de um peso que deslizava sobre um braço, até que o músculo avaliado fosse capaz de levantá-lo (Figura 17).

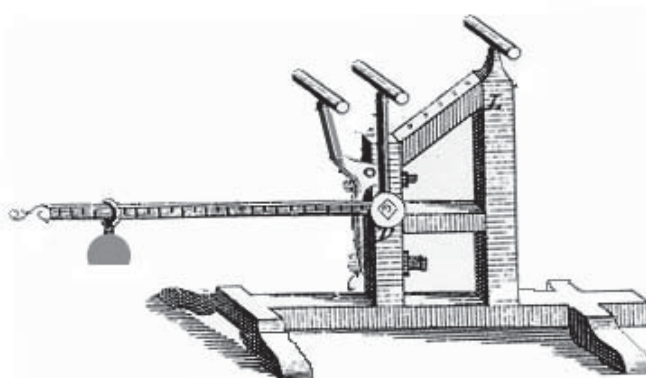


Figura 17 - Dinamômetro de Desagulier. Fonte: Pern (1978).

Estes cientistas desenvolveram trabalhos fundamentais no estabelecimento e padronização dos métodos de medição, os quais se tornaram a base da dinamometria (método utilizado para analisar a força muscular de membros superiores) (PEARNS, 1978).

2.4.2. Avaliação de força de preensão manual

A realização adequada de uma avaliação de forças de preensão manual requer a compreensão dos tipos de forças envolvidas no trabalho muscular.

É acerca deste aspecto que Mital e Kumar (1998, p.102) contribuem com a explicação de que, segundo as características do esforço, a força muscular pode ser estática ou dinâmica. A força muscular estática (também conhecida como força isométrica) “corresponde à capacidade dos músculos para a produção de força ou de torque por um único esforço isométrico voluntário máximo e o segmento corporal envolvido permanece estacionário”.

Estas especificações implicam em avaliações biomecânicas em conformidade com seu caráter estático ou dinâmico. Neste sentido, esclarecem Sanders e McCormick (1993), que nas avaliações estáticas, também conhecidas como isométricas, a força é exercida sem haver movimento articular nem alteração no comprimento dos grupos musculares que realizam a contração.

As avaliações dinâmicas, também chamadas isocinéticas ou isotônicas, são associadas a movimento, havendo alteração do comprimento muscular e dos ângulos das articulações; são mais difíceis de serem mensuradas devido aos efeitos da aceleração e velocidade do movimento.

Ainda, acerca das avaliações biomecânicas, os autores explicam que embora não seja possível medir a força real dentro do músculo, a capacidade muscular pode ser avaliada pela medição da força aplicada em um objeto externo (em um equipamento, por exemplo).

Chaffin et al. (2001) advertem que como a capacidade máxima de se produzir força pode variar consideravelmente entre pessoas e tarefas, assim como acontece com as medidas antropométricas, vários critérios para medida devem ser atendidos para se coletar e utilizar dados de força adequadamente.

Um bom planejamento metodológico das avaliações de forças manuais é de grande importância em avaliações desse gênero. Cuidado e rigor são essenciais na garantia de dados confiáveis e aplicáveis.

2.4.2.1. Recomendações para a coleta de dados biomecânicos

A preocupação com a padronização, segurança e confiabilidade na coleta de dados biomecânicos impulsionou diversos autores na elaboração de recomendações para a complexa pesquisa e aplicação prática desta área do conhecimento, a qual, por ser altamente baseada em experimentos, pode necessitar de sistemas complexos de medida na aquisição de dados.

Como as medidas necessárias são de funções humanas – ou seja, de parâmetros biomecânicos estimados – os sistemas de medida devem, pelo menos, preencher os seguintes critérios biomédicos (BRAND; CROWNINSHIELD, 1981; CHAFFIN, 1982; apud CHAFFIN et al., 2001, p. 131):

- As medidas devem estimar com precisão uma função motora humana específica definível – ou seja, elas devem fornecer estimativas bem correlacionadas (não influenciadas) com a função de interesse;
- Os resultados devem ser reprodutíveis sob as condições prescritas;
- As medidas devem refletir os limites de função específicos, baseados na população estudada. Em outras palavras, elas devem distinguir entre os resultados normais e anormais;
- O sistema de medidas não deve alterar a função que está sendo estimada;
- O sistema de medidas deve ser de utilização segura;
- O sistema de medidas deve ser prático – fácil de montar e utilizar, insensível às influências externas e de baixo custo.

2.4.2.2. Procedimentos de coleta

Quanto aos procedimentos Chaffin et al. (2001, p.156) discutem que uma análise biomecânica da atividade, frequentemente, irá identificar duas ou três tarefas que exigem uma grande quantidade de força. Os autores recomendam que “estas tarefas podem ser simuladas, montando-se uma estrutura de teste de força que permita ao trabalhador [sujeito] assumir posturas requisitadas”.

Por causa da simplicidade relativa das medições, a força estática foi medida por vários pesquisadores, sendo desenvolvidos procedimentos padrão os quais reúnem algumas especificações para garantir que os dados sejam obtidos de forma segura, confiável e prática (CALDWELL et al., 1974; CHAFFIN, 1975; e KROEMER et al., 1994):

- O esforço deve durar entre 4 e 6 segundos;
- O período de repouso entre os esforços deve variar entre 30 segundos e 2 minutos;
- Instruções claras e cuidadosamente estabelecidas devem ser feitas com o objetivo de evitar o constrangimento do indivíduo, informar o indivíduo dos possíveis riscos envolvidos, permitir que o indivíduo controle seu intervalo de descanso – se for necessário um tempo extra; informar ao indivíduo sobre o relatório dos dados a ser emitido e das consequências em potencial da publicação dos mesmos;
- Um *feedback* geral e positivo deve ser dado ao indivíduo, mas durante o teste os valores específicos de performance não devem ser divulgados para evitar a competição quando grupos de indivíduos participam de um teste em conjunto;
- Distrações no ambiente (por exemplo, temperaturas extremas, ruído e iluminação atípicos e espectadores) devem ser minimizadas;
- As posturas de testes, apoios e retenções corporais devem ser padronizadas;
- Deve-se relatar todas as condições do teste, dados biográficos, sobre o indivíduo e os resultados estatísticos;

Ainda quanto aos procedimentos, Fess e Moran (1981) apud Mathiowetz et al. (1984) recomendaram a realização de três medições sucessivas para cada variável e a utilização da média das três medições como resultado. Mas, posteriormente, Crosby et al. (1994) discordaram de tal recomendação, afirmando que essa prática poderia gerar confusões na interpretação dos resultados e, no caso de ser empregada, o valor máximo deveria ser considerado e não a média.

Outras recomendações quanto aos procedimentos, instruem que os sujeitos devem iniciar a contração muscular até atingir sua força máxima, até um intervalo de não mais de 2 segundos, mantendo essa força por 2 a 5 segundos (ARMSTRONG; OLDHAM, 1999; VOORBIJ; STEENBEKKERS, 2001; EDGREN et al., 2004).

2.4.2.3. Posicionamento dos sujeitos

Uma das variáveis mais importantes que afeta a força de um indivíduo (tanto estática quanto dinâmica) é a postura. Dois fatores estão envolvidos, um biomecânico e outro fisiológico. Nesse sentido, explicam Chaffin et al. (2001, p.106), que “[...] a força do músculo age através de braços de potência (ou de alavancas) finitos. À medida que ambos os segmentos corpóreos giram – ou seja, a medida que o ângulo articular se altera – os braços de potência variam”, o que afeta o resultado da força.

Ao experimentar as ações mecânicas em diversas posturas assumidas pelos indivíduos, estudos apontam que diferenças nas forças estão relacionadas ao posicionamento durante o acionamento da interface (MITAL; SANGHAVI, 1986; HABES; GRANT, 1997; KIM; KIM, 2000). E nesse sentido, Mital e Kumar (1998) verificaram a importância da padronização das posturas durante os testes.

Entretanto, Daams (1993) apresentou contribuição relevante, nos aspectos relacionados ao posicionamento dos indivíduos, ao afirmar que apesar de importantes para a reprodutibilidade das variáveis da pesquisa, as posturas padronizadas, a priori, não são representativas da realidade e podem gerar menor força que posturas livres.

Em seu estudo, Daams (1993) avaliou duas posturas, uma livre e outra a qual denominou de “funcional” (a partir das posturas livres adotadas). A conclusão do estudo foi de que a adoção de posturas livres é mais recomendada, pois, além de apresentarem maiores forças que todas as posturas padronizadas, apresentaram poucas variações entre os indivíduos.

Além disso, análises de usabilidade possuem demandas diferentes se comparadas às análises clínicas, as quais podem não ser representativas da realidade de uso das interfaces em estudo.

2.4.2.4. Questões Éticas

Quanto aos aspectos éticos nas ciências sociais e humanas, Paschoarelli et al. (2008) enfatiza sua relevância nas pesquisas científicas dessas áreas do conhecimento. Na prática, o “[...] objetivo da ética na pesquisa é assegurar que ninguém seja prejudicado ou sofra consequências adversas devido às atividades de pesquisa” (COOPER; SCHINDLER, 2003, p. 110, apud PASCHOARELLI, et al., 2008).

A Resolução N° 196, de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, 1996) regulamenta a participação de seres humanos em pesquisa e fundamenta-se nos principais documentos internacionais que emanaram declarações e diretrizes sobre pesquisas que envolvem seres humanos: Código de Nuremberg, de 1947; Declaração dos Direitos do Homem, de 1948; Declaração de Helsinque de 1964, e suas revisões de 1975, 1983 e 1989; Acordo Internacional dos Direitos Cívicos e Políticos da Organização das Nações Unidas de 1966; Diretrizes Éticas Internacionais para Pesquisas Biomédicas Envolvendo Seres Humanos, do *Council for International Organizations of Medical Sciences / World Health Organization*, de 1982 e 1993; e Diretrizes Internacionais para Revisão Ética de Estudos Epidemiológicos, também do *Council for International Organizations of Medical Sciences / World Health Organization*, de 1991. Além disso, cumpre as disposições da Constituição da República Federativa do Brasil (1988); do Código de Direitos do Consumidor; Código Civil e Penal; do Estatuto da Criança e do Adolescente; e outros elementos legais.

Esta resolução incorpora, sob a ótica do indivíduo e das coletividades, os quatro referenciais básicos da bioética: autonomia, não maleficência, beneficência e justiça. Visa assegurar os direitos e deveres que dizem respeito à comunidade científica e aos sujeitos da pesquisa e ao Estado (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, 1996). Paschoarelli et al. (2008) esclarecem ainda a importância da submissão dos projetos de pesquisa aos Comitês de Ética em Pesquisa, os quais constituem-se em “[...] colegiados interdisciplinares e independentes, [...] de caráter consultivo, deliberativo e educativo, criados para defender os interesses dos sujeitos da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos” (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, 1996, p.2).

Deve-se destacar também, em uma pesquisa com seres humanos, a relevância do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) o qual se refere:

“[...] à anuência do sujeito da pesquisa e/ou de seu representante legal, livre de vícios (simulação, fraude ou erro), dependência, subordinação ou intimidação, após explicação completa e pormenorizada sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, formulada em um termo de consentimento, autorizando sua participação voluntária” (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, 1996, p.2).

2.4.2.5. Critérios de exclusão

Aconselha-se serem excluídos os indivíduos que apresentem sintoma de problema musculoesquelético nos membros superiores (PETERSEN et al., 1989; ARMSTRONG; OLDHAM, 1999; KONG; LOWE, 2005a, 2005b); e/ou aqueles sujeitos que apresentem histórico desses problemas nos últimos seis meses ou mais (IMRHAN; LOO, 1989; YOUNG et al., 1989; NICOLAY; WALKER, 2005). Esta condição é aplicada, pois os dados coletados com esses sujeitos podem “comprometer” o conjunto de dados que envolvam a participação de sujeitos saudáveis. Além disso, e mais importante ainda, devem ser considerados os critérios éticos envolvidos com a participação desses sujeitos.

Para as pesquisas que envolvem sujeitos idosos, podem ser utilizados critérios menos rigorosos, como não possuir limitações de movimentos e/ou não apresentar doenças severas nos membros superiores (MATHIOWETZ et al., 1985; IMRHAN; LOO, 1989).

2.4.3. Método para levantamento antropométrico dos membros superiores

No Brasil, referências antropométricas das mãos ainda são escassas, apesar de alguns avanços (RAZZA, 2007; DARROUJ, 2009; PASCHOARELLI, 2009). Tornam-se necessários novos estudos antropométricos, específicos das extremidades dos membros superiores humanos, com técnicas que aprimorem a precisão e praticidade operacional dos métodos tradicionais, garantindo assim, diferenciais qualitativos à geração de parâmetros para o Design Ergonômico de instrumentos manuais.

Quanto a esse aspecto, Muniz et al. (2010) estudou a técnica de Biofotogrametria no intuito de compreender se ela poderia ser aplicada de modo satisfatório – com precisão/acuracidade – em levantamentos antropométricos da mão humana.

Neste estudo três variáveis antropométricas de ambas as mãos foram coletadas, primeiramente por meio da técnica de coleta direta por meio do paquímetro (método de Martin) e posteriormente com auxílio da técnica digital, a Biofotogrametria.

A digitalização do segmento humano deu-se por meio de um scanner de mesa (TCE modelo S45). Com os sujeitos devidamente sentados, a mão foi apoiada com a face palmar sobre o scanner (Figura 18). Posteriormente, os dados antropométricos foram transferidos a outro software (AutoCad®), a fim de obter o dimensionamento dos pontos definidos anteriormente. Segundo os autores todos os cuidados necessários foram tomados com vistas a permitir que a imagem possuísse a escala real (1:1).

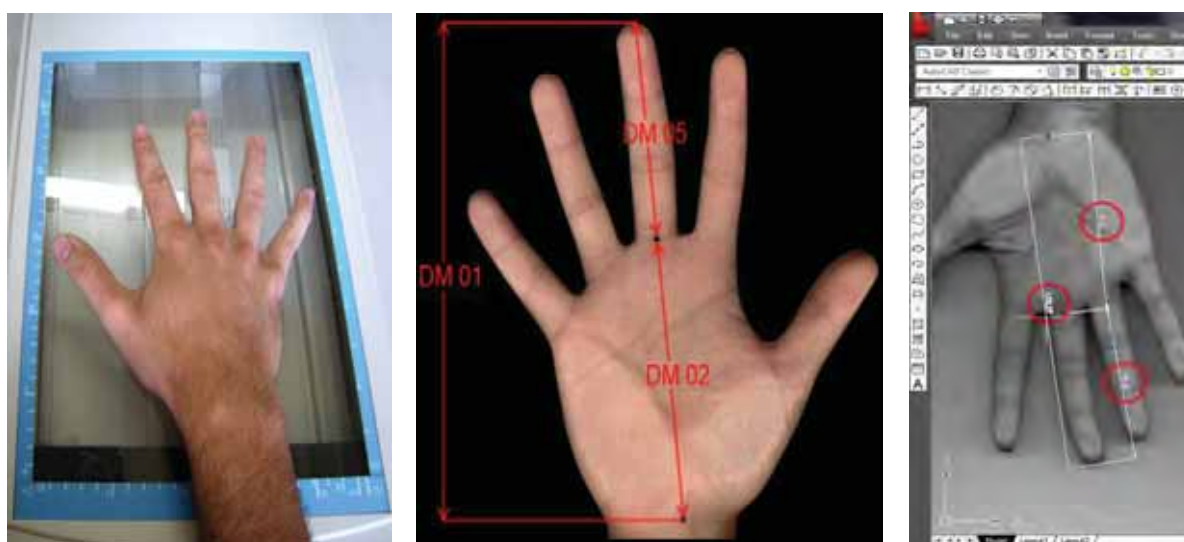


Figura 18 – Procedimento de digitalização e as variáveis antropométricas analisadas. Fonte: Muniz et al. (2010).

A análise estatística não apontou diferenças significativas (ANOVA - $p \leq 0,05$) na comparação entre as técnicas de coleta direta (paquímetro) e a técnica digital (Biofotogrametria) em todas as variáveis analisadas. Muniz et al. (2010) concluíram que a utilização da Biofotogrametria na coleta de dados antropométricos da mão humana é uma alternativa viável para aprimorar a precisão e praticidade operacional dos estudos antropométricos. Quanto às variáveis, os estudos sobre a antropometria da mão humana

envolvem a análise de nove variáveis antropométricas de ambas as extremidades dos membros superiores. As nove variáveis podem ser visualizadas na Figura 19 e classificadas de acordo com Kapandji (2007):

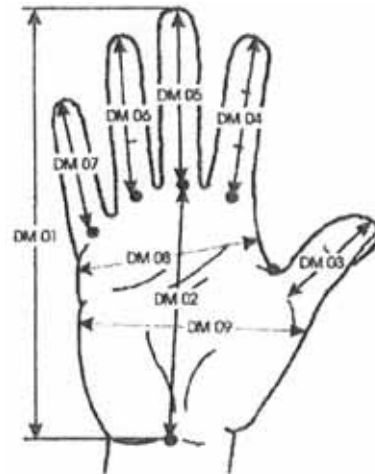


Figura 19 – Nove variáveis envolvidas no estudo da antropometria da mão humana.

- DM 01: comprimento da mão, da prega do punho à extremidade do dedo médio;
- DM 02: comprimento da palma, da prega do punho à prega digital palmar do dedo médio;
- DM 03: comprimento do polegar, da prega digital palmar do polegar a sua extremidade;
- DM 04: comprimento do indicador, da prega digital palmar do dedo indicador a sua extremidade;
- DM 05: comprimento do dedo médio, da prega digital palmar do dedo médio a sua extremidade;
- DM 06: comprimento do anelar, da prega digital palmar do dedo anelar à sua extremidade;
- DM 07: comprimento do dedo mínimo, da prega digital palmar do dedo mínimo à sua extremidade;
- DM 08: largura da palma, da extremidade distal metacarpiana do dedo mínimo à extremidade distal metacarpiana do dedo indicador;
- DM 09: largura da palma, do metacarpo do dedo mínimo à extremidade distal metacarpiana do polegar;

2.5. Justificativas para o estudo

A principal motivação desta pesquisa surgiu da preocupação quanto à influência do desenho das interfaces manuais no manejo eficaz, seguro e confortável, por indivíduos de diversas faixas etárias e ambos os gêneros, baseadas nas capacidades do sistema musculoesquelético.

O desenho adequado do manejo é considerado de grande influência no desempenho do sistema Usuário x Produto (IIDA, 1971; NAPIER, 1985; IIDA, 2005; KONG et al., 2007) e quanto às investigações sobre esta variável, observa-se um grande número de pesquisas sobre a relação do desenho do manejo com a capacidade do sistema musculoesquelético humano, mas poucos são os resultados aplicáveis no design de produtos, seja por conta das situações de investigação dos esforços, os quais nem sempre correspondem à realidade de uso do produto, ou pelo fato dos dados apresentados serem muitas vezes incompletos, já que raramente são medidos em várias faixas etárias (PEEBLES; NORRIS, 2000, 2003). Historicamente, os idosos têm sido ignorados na coleta de dados; e os dados sobre essa faixa etária têm sido tradicionalmente raros.

Quanto às avaliações e análises físicas de atividades manuais, estas ainda são escassas no Brasil, e apesar de alguns avanços pontuais, as informações sobre a população brasileira apresentam ainda grandes lacunas, o que demanda novos estudos; principalmente por ser inviável a aplicação de dados de estudos desenvolvidos fora do Brasil no projeto de produtos nacionais. Tal consideração fundamenta-se principalmente no fato de que as diferenças entre as populações são amplamente conhecidas, de modo que povos de origens diferentes apresentam antropometria distinta (IIDA, 2005). Esta interferência é verificada também nos dados biomecânicos.

Além disso, os aspectos relacionados às diferenças individuais no manejo das interfaces manuais demandam investigação. Como apresentado (Capítulo 3), há um pico de força no início da fase adulta e um declínio gradual até o início da velhice (MONTROYE; LAMPHIYER, 1977; MATHIOWETZ et al., 1985; VOORBIJ; STEENBEKKERS, 2001); e dentre as muitas características individuais que podem afetar a força, o gênero apresenta-se como uma das maiores diferenças em valores médios (SANDERS; McCORMICK, 1993).

Um problema deste âmbito – quanto ao desenho adequado da interface manual aos diferentes usuários – refere-se a setores da construção civil, como o setor de ferragens (maçanetas de portas) e o de metais sanitários (volantes de torneiras, registros hidráulicos e misturadores), nos quais nem sempre se consideram os aspectos relacionados ao manejo eficaz, seguro e confortável.

Desta forma, observa-se a necessidade de conhecer os níveis de esforço no manejo desses produtos para ambos os gêneros e diferentes faixas etárias, além do tipo de desenho que facilita/dificulta a manipulação. Tais questionamentos podem ser respondidos em uma análise mais aprofundada e que envolva o estudo das capacidades musculoesqueléticas humanas; e quanto a esta demanda, propõe-se tal avaliação no presente estudo.

2.5.1. Questão da pesquisa

A questão da pesquisa definida neste estudo é: qual a influência do desenho das maçanetas de portas e dos volantes de metais sanitários na usabilidade das interfaces manuais, de acordo com os diferentes gêneros e faixas etárias de sujeitos adultos?

2.5.2. Hipótese

Considerando que o desenho do manejo representa grande influência na relação Usuário x Tecnologia, essa variável também influencia na realização de esforço muscular para o acionamento de maçanetas de portas e volantes de metais sanitários, o que representa uma importante informação para a usabilidade, acessibilidade e Design Ergonômico dessas interfaces.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Avaliações e análises físicas de atividades manuais ainda são escassas, principalmente quando o objeto de análise é a interferência do desenho do produto nas diferentes faixas etárias e em ambos os gêneros. Portanto, o objetivo desse estudo é realizar uma avaliação física de forças manuais (torque) em atividades simuladas, com indivíduos adultos brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias, com a finalidade de verificar se o desenho das maçanetas de portas e dos volantes de metais sanitários influencia na transmissão de força pelo usuário.

3.2. Objetivos específicos

Avaliar o torque manual fixo (sentido horário), resultante de contração voluntária máxima, da mão direita de 180 indivíduos, destros e canhotos, de ambos os gêneros e diferentes faixas etárias (18 a 29 anos = 30♂ e 30♀; 30 a 55 anos = 30♂ e 30♀; acima de 55 anos = 30♂ e 30♀); na simulação de uso de cinco maçanetas de portas e cinco volantes de metais sanitários diferentes.

Coletar dados antropométricos das mãos dos sujeitos da amostra, relativos à largura e comprimento da palma, bem como os comprimentos dos dedos e o comprimento total da mão.

Comparar os resultados do torque na simulação de uso das maçanetas e dos volantes de metais sanitários diferentes, entre os gêneros e faixas etárias.

Compreender a influência do desenho das interfaces no torque manual, na simulação de uso das maçanetas de portas e dos volantes de metais sanitários, por meio da comparação entre as magnitudes de força registradas para cada interface.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Discorre-se neste capítulo acerca da estrutura metodológica da pesquisa; dos aspectos éticos envolvidos em experimentações com seres humanos; dos procedimentos de definição da amostragem; dos materiais e equipamentos; e dos procedimentos utilizados na coleta de dados.

4.1. Tipo e estrutura da pesquisa

Todos os procedimentos metodológicos desta pesquisa estão fundamentados em raciocínio indutivo, caracterizados por uma experimentação. O processo de desenvolvimento da pesquisa, após os devidos ajustes metodológicos, e desdobramentos, contou com a seguinte estrutura de organização (Figura 20).



Figura 20 – Estrutura da Pesquisa.

4.2. Questões éticas

O presente estudo, por envolver procedimentos experimentais com seres humanos, foi submetido e aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Sagrado Coração / Bauru – SP (Protocolo 005/09, de 20 de fevereiro de 2009) (ANEXO A) e atende à Resolução 196/96-CNS-MS e à “Norma ERG BR 1002”, do “Código de Deontologia do Ergonomista Certificado” (ABERGO, 2003).

É importante ressaltar, que a proposta inicial enviada ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Sagrado Coração / Bauru – SP incluiu apenas um grupo de interfaces (maçanetas para portas), mas no decorrer do estudo, houve a possibilidade de inclusão de um novo grupo de interfaces de acionamento manual (os volantes). Assim, solicitou-se a inclusão desse novo grupo junto ao referido Comitê, o qual a autorizou (ANEXO B).

4.3. Sujeitos

Apresenta-se a seguir a caracterização dos sujeitos. Inicia-se pelos critérios e procedimentos para definição da amostra e em seguida descrevem-se as características do perfil da amostra de sujeitos participantes da pesquisa.

4.3.1. Definição da Amostra

A definição da amostragem baseou-se na teoria da inferência estatística, e no princípio da independência da amostra quanto à população. Baseado em Triola (1999, p. 149) aplicou-se a seguinte equação (Equação 1):

$$n = [z_{\alpha/2} \cdot \delta / E]^2 \quad (1)$$

De modo que:

n = tamanho da amostra; $z_{\alpha/2}$ = grau de confiança; δ = desvio padrão populacional; e E = margem de erro.

Definiu-se o grau de confiança em 95% ($\alpha = 0,05$) e, portanto, $Z_{\alpha/2} = 1,96$. O desvio padrão populacional era desconhecido e, para esses casos, de acordo com recomendações de Triola (1999), tomou-se como parâmetro o estudo desenvolvido por Smith et al. (2000) – particularmente, quanto a avaliação do torque manual em atividades simuladas, no acionamento de interfaces com 65 mm de diâmetro e 45 mm de profundidade, com sujeitos de ambos os gêneros e idade acima dos 16 anos –, encontrando-se a amplitude de 5,29 Nm e, conseqüentemente, $\delta = 1,3225$ Nm.

A margem de erro, ou diferença máxima provável entre a média amostral e a média populacional, foi definida em $E = 0,5342$ Nm (aproximadamente 10% da média encontrada por Smith et al. (2000)). Portanto, $n = 23,53$. Finalmente, aproximou-se o valor de n para 30 sujeitos.

Observa-se que outros estudos acerca de avaliações ergonômicas com atividades com a extremidade dos membros superiores, baseiam-se em amostras próximas a este valor, com destaque para: Imrhan (1991) [n=30]; Fernandez et al. (1992) [n=15]; Hallbeck et al. (1992) [n=20]; Kamal et al. (1992) [n=12]; Shih e Wang (1996) [n=40]; Smith et al. (2000) [n=51]; Crawford et al. (2002) [n=40]; Imrhan (2003) [n=10]; Aldien et al. (2005) [n=10]; Nicolay e Walker (2005) [n=51]; e Shih e Ou (2005) [n=30].

Desta forma, serão avaliados 30 (trinta) sujeitos de cada grupo, a saber: de 18 a 29 anos (30♂ e 30♀); de 30 a 55 anos (30♂ e 30♀); e acima de 55 anos (30♂ e 30♀). A definição dos grupos etários baseou-se fundamentalmente na literatura na área da biomecânica, a qual indica que os sujeitos adultos possuem um pico de força muscular por volta dos 30 anos e que esta força parece diminuir a partir dos 50 anos (MONTTOYE; LAMPHIYER, 1977; MATHIOWETZ et al., 1986; HANTEN et al., 1999; VOORBIJ; STEENBEKKERS, 2001).

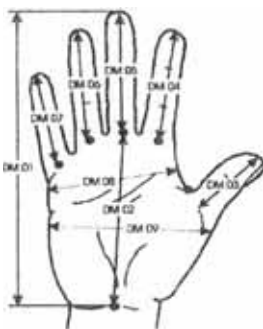
Como este trabalho visa, dentre outros objetivos, comparar as diferenças entre as faixas etárias, verificou-se que esses três grupos são os mais discutidos nos estudos desta área do conhecimento, o que permitirá a comparação dos resultados com outros estudos do gênero. Além disso, ao considerar os critérios éticos, uma abordagem de sujeitos de outras faixas etárias (como crianças, por exemplo) implicaria em outros cuidados os quais este trabalho não se propunha, uma vez que o objetivo lançado foi investigar as forças manuais em sujeitos adultos.

Paschoarelli (2009), em um estudo similar, baseou-se em uma amostra de 180 sujeitos igualmente distribuídos em três faixas etárias (18 a 29 anos= 30♂ e 30♀; 30 a 55 anos=30♂ e 30♀; acima de 55 anos=30♂ e 30♀). Portanto, estudos ergonômicos experimentais, diferente dos estudos epidemiológicos, não se caracterizam por grandes amostras, mas sim, por amostras representativas das variáveis de estudo.

4.3.2. Perfil da amostra

No presente estudo, participaram 180, sujeitos cujas características antropométricas gerais e da extremidade do membro superior direito podem ser visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características antropométricas gerais dos sujeitos da amostra

Variáveis	Gênero Masculino						Gênero Feminino						
	18-29		30-55		Acima 55		18-29		30-55		Acima 55		
	\bar{x}	d.p.	\bar{x}	d.p.	\bar{x}	d.p.	\bar{x}	d.p.	\bar{x}	d.p.	\bar{x}	d.p.	
Idade (Anos)	22,9	3,45	42,8	5,86	63,4	6,99	22,0	2,53	44,6	7,73	67,4	12,1	
Massa (Kg)	73,3	13,5	82,7	14,1	77,9	12,2	59,8	14,5	67,9	17,1	71,5	20,2	
Estatura (m)	1,77	0,07	1,69	0,15	1,63	0,15	1,61	0,07	1,57	0,28	1,53	0,23	
Medidas em mm 	DM1	184,7	12,1	179,8	9,3	186,1	10,7	170,0	8,44	170,2	9,83	177,1	8,91
	DM2	105,3	7,0	102,9	6,3	104,7	6,8	95,7	5,37	96,4	5,58	100,4	5,68
	DM3	65,6	5,6	65,1	3,6	67,7	5,8	60,2	5,16	60,8	5,60	62,5	4,92
	DM4	71,7	4,8	69,3	4,0	72,8	5,6	67,4	4,09	66,8	4,63	68,9	4,01
	DM5	79,8	5,8	77,4	3,9	81,9	5,6	74,7	3,73	74,3	4,96	77,1	4,36
	DM6	74,8	5,7	73,5	3,6	77,3	5,0	69,8	3,93	70,3	4,76	72,8	4,96
	DM7	61,2	5,4	60,2	4,5	61,6	4,8	56,8	3,67	56,5	4,08	58,9	4,05
	DM8	86,1	3,6	87,5	4,2	90,7	4,9	78,7	2,69	80,2	3,83	86,4	3,76
	DM9	90,5	13,8	95,7	5,5	96,7	6,0	84,0	3,52	85,5	6,27	88,6	4,30

4.4. Materiais e equipamentos

Neste estudo será avaliado o torque manual fixo, em sentido horário, por meio de equipamentos e interfaces específicas, as quais devem atender às diretrizes e

recomendações descritas por Caldwell et al. (1974); Chaffin (1975); Kroemer et al. (1994); e Chaffin et al. (2001); de modo a garantir a confiabilidade de todos os procedimentos realizados.

Quanto aos equipamentos e materiais utilizados, destacam-se os equipamentos de medição; a estrutura móvel para coleta de dados; as interfaces manuais; os equipamentos para caracterização da amostra; e os protocolos de pesquisa; os quais serão detalhados a seguir. É importante destacar que esta pesquisa foi realizada com apoio da FAPESP (Proc. 2009/02125-0 – ANEXO C).

4.4.1. Equipamentos de medição

Para indicar os valores obtidos durante o teste de simulação da atividade foi utilizado o AFG - *Advanced Force Gauge* (dinamômetro digital) AFG 500 (Mecmesin Ltd., UK), com capacidade máxima de 500N, precisão de 0,1% (Figura 21). Este equipamento está calibrado de fábrica (ANEXO D).



Figura 21 – Dinamômetro digital AFG 500 (Mecmesin Ltd., UK). Fonte: MECMESIN (2010).

Para avaliar o torque em condição estática do sujeito e dinâmica de cada um dos membros superiores separadamente (movimentos de pronossupinação do membro superior com interface fixa), utilizou-se o *Static Torque Transducer* - STT (Mecmesin Ltd., UK), ou transdutor de torque estático, Modelo ST 100-872-003, com capacidade máxima de 100 Nm (Figura 22). O transdutor de torque estático foi fixado em uma base, para

acionamento com altura padronizada, a qual será descrita no tópico 4.4.2., e foi conectado ao dinamômetro digital (AFG) (Figura 21).



Figura 22 – Transdutor de torque estático (Mecmesin Ltd., UK). Fonte: MECMESIN (2010).

Este equipamento permitiu simular o acionamento das maçanetas e dos volantes de metais sanitários. Para o teste com as maçanetas, o acoplamento dessas interfaces foi realizado por um sistema de encaixe desenvolvido por Paschoarelli (2009) (Figura 23).



Figura 23 – Sistema de encaixe no transdutor de torque estático para as maçanetas.

Um sistema de encaixe similar foi desenvolvido para os testes com os volantes de metais sanitários, o qual foi unido ao suporte de encaixe original dos volantes (Figura 24).



Figura 24 – Sistema de encaixe no transdutor de torque estático para os volantes.

É importante destacar, que os equipamentos “*Advanced Force Gauge - AFG*” e “*Static Torque Transducer - STT*” são equipamentos do Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI), da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP – Campus Bauru, e foram adquiridos com apoio da FAPESP (Processo 05/59941-2), bem como utilizados em outros projetos de pesquisa também desenvolvidos com Bolsas de Mestrado da FAPESP (Processos 05/58600-7 e 07/53668-8).

4.4.2. Estrutura móvel para coleta de dados

Foi confeccionada uma base de apoio móvel (Figura 25), a qual viabilizou a realização da coleta de dados em outros ambientes, além das dependências do Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI), e até mesmo em ambientes fora das dependências da universidade; o que permitiu a abordagem de um público mais amplo, além da população universitária. Ainda, por se tratar de uma pesquisa que engloba – dentre outras –, a população idosa, permitiu a viabilização dos testes em ambientes mais propícios para a localização dos sujeitos com esta faixa etária, não se tornando necessário o deslocamento até as dependências da universidade, tampouco do laboratório.



Figura 25 – Base de apoio para coleta de dados biomecânicos.

Como resultado pretendeu-se obter: o dispêndio de menor tempo para a coleta de dados, uma vez que a abordagem dos sujeitos seria facilitada; e a possibilidade de abordagem de um extrato mais diversificado da população, mediante a realização da coleta em ambientes distintos.

A base de apoio possui (Figura 28):

- Base para fixação do transdutor de torque estático a 1,00 m do piso (conforme padrão de acessibilidade NBR 9050:2004 (ABNT, 2004), para disposição das maçanetas de portas e dos acionamentos do chuveiro);
- Base para apoio das interfaces (maçanetas e volantes);
- Base para disposição do scanner de mesa; do notebook para coleta de dados antropométricos na caracterização da amostra; e para apoio do AFG;
- Superfície de indicação do posicionamento anatômico dos indivíduos e de nivelamento do solo.

A demarcação da posição anatômica dos sujeitos foi definida por duas marcas superficiais, uma no sentido transversal, com base na projeção do transdutor de torque acrescido de 150 mm, conforme Paschoarelli (2009); e outra no sentido longitudinal, de modo a distribuir o mesmo espaço para ambos os lados do corpo, que deverá ser posicionado de frente para o transdutor, como pode ser visualizado na Figura 25.

4.4.3. Interfaces de acionamento manual

Para a avaliação do torque manual fixo foram utilizadas diferentes interfaces de acionamento manual (cinco maçanetas para porta e cinco volantes de metais sanitários) disponíveis comercialmente.

As cinco maçanetas foram as mesmas utilizadas no estudo realizado por Paschoarelli (2009) com sujeitos portugueses (Figura 26).



Figura 26 – Maçanetas utilizadas por Paschoarelli (2009).

Já os volantes de metais sanitários, foram adquiridos mediante doação, por parte de duas grandes empresas brasileiras do ramo, ambas com mais de 50 anos de experiência no setor.

Os contatos iniciais com as empresas do setor de metais sanitários foram realizados a fim de divulgar a pesquisa acerca das interfaces de acionamento manual realizada no Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI) da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP – Bauru. Uma carta, explicitando os objetivos da pesquisa, bem como a relevância da mesma ao setor industrial, foi encaminhada para cinco empresas. Obtiveram-se repostas positivas quanto à colaboração por parte de duas empresas, a fluminense FABRIMAR e a santa catarinense DOCOL.

Ao todo, foram adquiridos mediante doação, 12 volantes (Figura 27), com variados desenhos e materiais, entretanto, com o objetivo de trabalhar com número igual de interfaces (cinco maçanetas e cinco volantes), optou-se por uma seleção. Tal procedimento visou proporcionar, a confiabilidade aos resultados da pesquisa, uma vez que por se tratar de um teste de força, um número elevado de interfaces a serem avaliadas, poderia gerar mais fadiga durante os procedimentos de coleta, e por consequência, dados com elevada interferência desta variável.











Figura 27 – Volantes adquiridos mediante doação por parte de duas grandes empresas brasileiras FABRIMAR e DOCOL.

Dentre estes 12 (doze) volantes, foram selecionados 5 (cinco) diferentes modelos para análise. Para isso, realizou-se um teste com 30 sujeitos brasileiros de ambos os gêneros (15 ♂ e 15 ♀), com idade média de 21,13 anos (d.p. 2,40 anos). Este teste contou com o acionamento dos 12 (doze) volantes mediante a força voluntária máxima, com o objetivo de identificar as interfaces com as maiores diferenças significativas no acionamento com a mão direita e em sentido horário. Partiu-se do pressuposto, de que quanto maior fosse o número de diferenças estatisticamente significativas no torque, mais uma interface se diferiria da outra quanto ao seu desenho, o que permitiria uma seleção diversificada no que diz respeito ao desenho da interface.

Os procedimentos realizados neste teste utilizaram os equipamentos e materiais já citados e caracterizaram-se pelo acionamento (rotação) do volante, a fim de produzir força mediante contração voluntária máxima (ARMSTRONG; OLDHAM, 1999; VOORBIJ; STEENBEKKERS, 2001; EDGREN et al., 2004; CHAFFIN et al., 2001; DIAS et al., 2010). Além disto, foram consideradas as recomendações descritas por Caldwell et al. (1974); Chaffin (1975); Kroemer et al. (1994); e Chaffin et al. (2001).













Para a seleção dos cinco volantes, primeiramente foram identificados e classificados aqueles que apresentavam o maior número de diferenças significativas ($p \leq 0,05$), conforme demonstra a Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de classificação em ordem decrescente, baseada no número de diferenças estatisticamente significativas. DS: corresponde ao número de diferenças significativas.

	Volantes	DS
1		11
2		10
3		8
4		7
5		6
6		5
7		4
8		3













A fim de solucionar os casos de empate, uma segunda classificação foi feita com base no torque em valores médios, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Tabela de classificação em ordem decrescente, baseada no número de diferenças estatisticamente significativas e posteriormente com base no torque médio verificado para cada volante.

	Volantes	DS	Torque (Nm)
1		11	9,02
2		11	8,21
3		10	5,62
4		8	3,93
5		7	3,89
6		6	3,31
7		6	3,22
8		5	3,36
9		5	3,26
10		4	3,52
11		4	3,26
12		3	3,72






Em seguida, realizou-se uma seleção, baseada na taxonomia das formas (CAMPOS; PASCHOARELLI, 2009), a fim de escolher exemplares diferentes quanto seu desenho e com as maiores magnitudes de torque, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Tabela de seleção dos volantes conforme taxonomia das formas.

Volantes	DS	Torque (Nm)	Taxonomia das Formas	Seleção	
1		11	9,02	Alavanca – Geométrica	Ok
2		11	8,21	Alavanca – Geométrica	Existe um de mesma classificação com maior torque
3		10	5,62	Alavanca – Geométrica	Existe um de mesma classificação com maior torque
4		8	3,93	Não alavanca: esférico	Ok
5		7	3,89	Não alavanca: cúbico	Ok
6		6	3,31	Não alavanca: cruzeta	Ok
7		6	3,22	Não alavanca: esférico	Existe um de mesma classificação com maior DS
8		5	3,36	Não alavanca: cúbico	Existe um de mesma classificação com maior DS
9		5	3,26	Não alavanca: cruzeta intermediária	Ok
10		4	3,52	Não alavanca: cruzeta	Existe um de mesma classificação com maior DS
11		4	3,26	Não alavanca: cilíndrico	Ok
12		3	3,72	Não alavanca: cruzeta	Existe um de mesma classificação maior DS

Com base nessa seleção, chegou-se a um conjunto composto pelos 5 (cinco) primeiros volantes. Os selecionados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Tabela de seleção dos primeiros cinco volantes

Volantes	DS	Torque (Nm)	Taxonomia das Formas	Seleção
1 	11	9,02	Alavanca	Ok
2 	8	3,93	Não alavanca: esférico	Ok
3 	7	3,89	Não alavanca: cúbico	Ok
4 	6	3,31	Não alavanca: cruzeta	Ok
5 	5	3,26	Não alavanca: cruzeta intermediária	Ok

Entretanto, uma preocupação quanto à necessidade de isolar a variável dependente (desenho da interface) para análise, permitiu verificar que o 2º volante possuía um elemento que não estava presente nas outras interfaces selecionadas para estudo – os detalhes em borracha (Figura 28).



Figura 28 – Volante com elementos em borracha.

Assim, optou-se por substituir o 2º volante pelo próximo de igual classificação. Este cuidado permitiu analisar a variável dependente “desenho do volante” sem interferência de outras variáveis, como por exemplo, os elementos em borracha.

A tabela 6 e a Figura 29 apresentam os volantes selecionados para estudo. Esta seleção permitiu obter um grupo diversificado e representativo quanto ao desenho da interface.

Tabela 6 – Classificação final dos volantes selecionados para teste






Volantes	DS	Torque (Nm)	Taxonomia das Formas	
1		11	9,02	Alavanca
2		6	3,22	Não alavanca: esférico
3		7	3,89	Não alavanca: cúbico
4		6	3,31	Não alavanca: cruzeta
5		5	3,26	Não alavanca: cruzeta intermediária



Figura 29 – Grupo de volantes selecionados para análise.

4.4.4. Equipamentos para caracterização da amostra

Para obtenção de massa (Kg) e estatura (m) dos sujeitos da pesquisa, utilizou-se uma balança pesadora digital com antropômetro (Welmy Modelo W-200) (Figura 30).



Figura 30 – Balança pesadora digital com antropômetro (Welmy Modelo W-200).

Para a coleta de dados antropométricos das mãos dos sujeitos – mediante a técnica da Biofotogrametria –, foi utilizado um scanner de mesa colorido de 4800 x 2400 dpi (Lide 100 Canon) (Figura 31).



Figura 31 – Scanner de mesa colorido (4800 x 2400 dpi Lide 100 Canon).

Uma escala gráfica para calibração do dimensionamento foi colocada no scanner. Utilizou-se também uma cobertura para as mãos dos sujeitos na coleta, uma vez que se fez necessária a remoção da tampa do scanner (Figura 32).



Figura 32 – Escala gráfica e cobertura para as mãos utilizadas nos procedimentos da Biofotogrametria.

A cobertura para as mãos foi confeccionada em tecido, com duas faces, uma branca, a qual ficou voltada para baixo, e uma preta, voltada para cima, a qual evitou a passagem de luz (Figura 32).

O scanner foi conectado a um notebook para acesso à interface de digitalização e armazenamento de dados para posterior análise.

4.4.5. Protocolos de pesquisa

Foram utilizados: o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A), conforme recomendações do Conselho Nacional de Saúde (1996); o protocolo de recrutamento e identificação (APÊNDICE B), para registro de informações pessoais dos sujeitos; e o protocolo de registro de força e antropometria (APÊNDICE C), para registro dos dados de força coletados durante os testes e das medidas antropométricas para caracterização da amostra.

4.5. Procedimentos

Descrevem-se a seguir, os procedimentos utilizados no desenvolvimento da pesquisa: os pré-testes e procedimentos da coleta de dados.

4.5.1. Pré-testes

Antes da coleta de dados foram realizados estudos exploratórios e pré-testes, os quais objetivaram aprofundar os estudos no problema de pesquisa, além de aprimorar e testar os procedimentos. Este tipo de cuidado visou proporcionar a acuracidade dos métodos e técnicas empregadas.

O primeiro estudo (CAMPOS; PASCHOARELLI, 2009) realizou uma análise exploratória a fim de conhecer as diversas formas (desenhos) sob as quais os volantes de metais sanitários são configurados. Uma análise de diversos modelos disponíveis comercialmente foi desenvolvida, por meio da taxonomia das formas, levando-se em consideração os aspectos de interface Usuário x Produto.

Posteriormente, com o objetivo de testar os procedimentos, realizaram-se dois pré-testes: um com interfaces de maçanetas (CAMPOS et al., 2010a,b) e outro com volantes de metais sanitários (CAMPOS et al., 2010c,d). Participaram deste pré-teste 32 sujeitos de ambos os gêneros (16♂ e 16♀). Estes pré-testes foram fundamentais no ajuste dos procedimentos; na familiarização com os equipamentos; no conhecimento do tempo necessário para a coleta de dados; bem como para o contato com os primeiros resultados esperados, quanto à influência do desenho das interfaces no manejo, além das diferenças entre os gêneros. Permitiu ainda, a aquisição da experiência na abordagem e explicitação dos procedimentos padronizados aos sujeitos da pesquisa.

Por fim, realizou-se um último pré-teste, o qual contou com a utilização da estrutura móvel para coleta de dados, descrita no item 4.4.2. Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI) da UNESP – Bauru e objetivou a preparação dos equipamentos e procedimentos de coleta. Participaram 10 sujeitos (5♂ e 5♀) e diante do sucesso deste pré-teste, todos os procedimentos foram replicados na coleta de dados, a qual incluiu os dez sujeitos participantes na amostragem final.

4.5.2. Coleta de dados

Os sujeitos, após abordagem individual, participaram dos procedimentos, os quais ocorreram no município de Bauru – SP e nos seguintes locais:

- Laboratório de Ergonomia e Interfaces da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP - Bauru;
- Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP – Bauru;
- Departamento de Design da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP – Bauru;
- Abrigo para idosos Vila Vicentina, mediante ofício (APÊNDICE D1 – D2) à Rua Jorge Pimentel, 2005;
- No Condomínio Apart Hotel Universitário, à Av. Nações Unidas 53-53;
- Na Pró-paróquia Imaculada Conceição à Rua Cyrênio Ferraz Aguiar, 3-104, Presidente Geisel.

A realização das simulações foi individual, sendo que os sujeitos, explicitados dos objetivos do estudo, leram, preencheram e assinaram o TCLE (APÊNDICE A) e em seguida preencheram o protocolo de identificação (APÊNDICE B).

Os procedimentos foram iniciados a partir da caracterização da amostra, de modo que após a leitura, assinatura e preenchimento dos protocolos de pesquisa, realizou-se a coleta de massa (Kg) e estatura (m); em seguida iniciaram-se os procedimentos de levantamento antropométrico das mãos.

O procedimento de levantamento antropométrico das mãos (Figura 33) foi realizado por meio da técnica de Biofotogrametria, conforme Muniz et al. (2009). E contou com a colaboração de um bolsista PIBIC-CNPq, graduando em Design, o qual tem desenvolvido em seu projeto de iniciação científica, no Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI), um estudo sobre dados antropométricos das extremidades dos membros superiores humanos.



Figura 33 - Levantamento antropométrico das mãos por Biofotogrametria.

Com o sujeito devidamente sentado, foi solicitado que higienizasse ambas as mãos com álcool em gel, a fim de evitar o acúmulo de gordura no scanner e a interferência desta variável na coleta de dados. Este procedimento permitiu evitar possíveis sombras geradas nas imagens, advindas das manchas de gordura, o que dificultaria a análise dos dados. Além disso, permitiu preparar a mão para a coleta de forças manuais, que será realizada posteriormente.

Foi solicitado ao sujeito que posicionasse a mão, apoiada com a face palmar no scanner, em postura de extensão máxima confortável dos dedos (Figura 34). Após a verificação do correto posicionamento da mão no scanner, cobriu-se a mão do sujeito, a fim de evitar a passagem de luz e em busca de uma representação mais fidedigna possível da extremidade do membro superior humano (Figura 34).



Figura 34 – Posicionamento da mão durante o procedimento de Biofotogrametria.

A digitalização foi efetuada e a imagem armazenada em formato JPEG, para posterior coleta e registro das nove variáveis antropométricas no protocolo de registro de antropometria (APÊNDICE C). Ambas as mãos foram digitalizadas, primeiramente a direita, e posteriormente a esquerda.

Na seqüência, iniciaram-se os procedimentos para teste de acionamento das interfaces manuais. Inicialmente, foram apresentados os equipamentos e procedimentos, e só então foi iniciada a simulação e coleta do torque manual.

O teste constou do acionamento de cinco modelos de maçanetas, na simulação da abertura de uma porta; e de cinco modelos de volantes de metais sanitários, na simulação de uso de um comando de chuveiro (Figura 35).



Figura 35 – Simulação do acionamento de uma interface manual.

As instruções aos sujeitos foram padronizadas e seguiram a seguinte sequência:

- “Gostaríamos que o(a) senhor(a) mantivesse os pés alinhados à faixa vermelha à mesma distância com a faixa central”;
- “O(a) senhor(a) deverá girar a maçaneta (ou o volante) com o máximo de força possível, como se fosse abrir uma porta (ou fechar um comando de chuveiro), ou seja, no sentido horário”;
- “Esta maçaneta (ou este volante) é fixa(o), mas você deve fazer o máximo de força possível e soltar logo em seguida. Também deverá manter a mesma postura. Utilize apenas as forças do braço e antebraço, tome cuidado para não empurrar com o peso do corpo”.

Em cada uma das simulações, os sujeitos foram orientados a realizar sua força voluntária máxima (ARMSTRONG; OLDHAM, 1999; VOORBIJ; STEENBEKKERS, 2001; CHAFFIN et al., 2001; EDGREN et al., 2004; DIAS et al., 2010), em postura ereta (em pé), com igual distribuição da massa corporal, conforme indicação da superfície de posicionamento anatômico.

Quanto ao posicionamento dos voluntários, baseou-se nas recomendações de Daams (1993), e solicitou-se aos sujeitos que mantivessem a postura livre e habitual no uso das interfaces.

A simulação com ambas as interfaces de acionamento manual (maçanetas e volantes) permitiu a utilização da mesma estrutura de fixação do transdutor de torque estático, não sendo necessários ajustes de altura, já que de acordo com a norma NBR 9050:2004 (ABNT, 2004) comandos para acionamento de chuveiro devem estar a 1,00m do piso acabado e as maçanetas devem estar de 0,90 m – 1,10 m.

Desta forma, a altura do transdutor de torque para a simulação de uso destas interfaces poderá estar a 1,00 do piso acabado, sem prejuízo para o acionamento de nenhuma das interfaces.

Ambas foram acionadas em sentido horário e com a mão direita, independente da mão de dominância dos sujeitos, já que baseado nas observações de Paschoarelli (2009), apesar de “[...] indivíduos destros apresentarem maiores diferenças (a maioria

delas, estatisticamente significativa - $p \leq 0,05$) quanto à realização de forças entre a mão dominante e não dominante [...]” esta relação ocorre de maneira diferente para os canhotos, de modo que essa diferença mostra-se inexpressiva. O que para o autor, pode ser explicado pela hipótese de que “[...] os canhotos ao serem obrigados a realizar grande parte de suas atividades manuais com a mão direita, também desenvolveram uma capacidade de transmissão de forças equilibrada entre a mão dominante e a mão não dominante”.

Segundo estas considerações, o acionamento com a mão direita por indivíduos canhotos não implica em diferenças significativas caso este indivíduo acionasse a interface com sua mão dominante.

Além disso, a redução das variáveis permitiu maior confiabilidade nos resultados da pesquisa, ao reduzir a fadiga excessiva nos sujeitos, o tempo dispensado na simulação e coleta de dados e um maior controle da variável dependente (desenho da interface), já que não foram necessárias mudanças na posição das pegas para acionamento com ambas as mãos.

Uma sequência randômica foi definida previamente para cada sujeito (APÊNDICE E1-E12) e assim, cada modelo de interface foi acionado, respeitando-se um período de descanso entre elas de no mínimo 60 segundos, conforme recomendações de Caldwell et al. (1974); Chaffin (1975); e Kroemer et al. (1994).

Apesar desse estudo se tratar da análise de dois tipos de interfaces manuais (maçanetas e volantes), é importante destacar que os procedimentos foram realizados separadamente. Além disso, buscou-se randomizar o tipo de interface a ser testada, de modo que, se um sujeito realizasse o primeiro teste com maçanetas, o próximo sujeito realizaria primeiramente o teste com os volantes, e assim sucessivamente.

É importante ressaltar, que os procedimentos foram padronizados (MATHIOWETZ, 1985), e baseados nas recomendações e critérios biomédicos previstos por Caldwell et al (1974); Chaffin (1975); e Kroemer et al. (1994). Além disso, nenhum dos procedimentos implicou em percepção de dor ou danos ao organismo dos indivíduos.

4.5.3. Análise estatística

Os dados coletados foram tabulados no software Microsoft Excel®, mediante o qual, obtiveram-se os valores médios e desvios padrão. Posteriormente, os dados foram transferidos para o software Statística®, no qual foram realizados os testes estatísticos. Conforme recomendações de Pheasant (1986), a variável estatura obteve seus valores corrigidos, subtraiu-se 25mm dos valores coletados com antropômetro.

A fim de verificar a ocorrência de diferenças significativas na análise da influência do gênero na força manual de torque, inicialmente, os dados foram submetidos à verificação do atendimento dos pressupostos da condição de normalidade e homogeneidade das variâncias.

Para isto, procedeu-se primeiramente com a verificação da normalidade do conjunto de dados do gênero masculino, agrupando-se todas as faixas etárias; o mesmo procedimento foi realizado para o gênero feminino. Caso o valor de “ p ”, para a normalidade, apresentasse significância – ou seja, $p \leq 0,05$ (ARANGO, 2005) – para um dos grupos (masculino ou feminino), ou para ambos, confirmava-se a hipótese da não normalidade, caso contrário – valor de $p > 0,05$ – a hipótese da normalidade de variâncias.

Já a verificação do atendimento dos pressupostos da condição de homogeneidade, consiste em verificar a igualdade das variâncias da amostra, a fim de se decidir pela aplicação de um teste paramétrico – no caso da confirmação da hipótese de homogeneidade –, ou de um teste não paramétrico – no caso da confirmação da hipótese de heterogeneidade –; uma vez que “[...] testes paramétricos exigem suposições sobre a natureza ou forma da população envolvida; os métodos não paramétricos não dependem de tais exigências” (TRIOLA, 1999).

O teste de homogeneidade só foi aplicado às amostras que apresentaram normalidade, uma vez que as amostras que se caracterizaram pela não normalidade seriam analisadas automaticamente por testes não paramétricos.

Para a verificação da homogeneidade das variâncias foi utilizado o teste de *Levene* (ANOVA) que “[...] testa igualdade de variâncias quando os dados são oriundos de distribuições contínuas (ALMEIDA et al., 2008, p. 242), desta forma, esta hipótese é rejeitada quando o valor de “ p ” assume significância estatística ($p \leq 0,05$) e confirmada, caso contrário ($p > 0,05$).

Na análise dos dados das maçanetas verificou-se que todos os conjuntos de dados caracterizaram-se pela não normalidade e neste caso aplicou-se o teste não paramétrico de *Mann-Whitney*, o qual, conforme Arango (2005) é apropriado “quando se tem um par de amostras independentes e se deseja testar se as populações que deram origem a essas amostras podem ser consideradas semelhantes ou não” (p. 277), ou seja, se entre elas existem, ou não, diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).

Já para os volantes, o conjunto de dados para o volante V04 apresentou normalidade e homogeneidade de variâncias de modo que para este caso foi possível aplicar um teste paramétrico. Para este grupo aplicou-se o teste *t* de *Student* para amostras independentes. Segundo Arango (2005, p. 253) o teste *t* de *Student* “é o método mais usado para se avaliarem as diferenças entre as médias de dois grupos”, desde que “seja admitido que as populações que deram origem às amostras tenham distribuição normal e variabilidades não significativamente diferentes”. Para os demais grupos de dados, não foi verificada a normalidade de variâncias, sendo necessário então, aplicar um teste não paramétrico. Para estes grupos aplicou-se o teste de *Mann-Whitney*. A Tabela 7 exhibe os dados destas análises e os valores de “*p*” para as maçanetas e para os volantes.

Tabela 7 – Dados da análise sobre a influência do gênero no torque para as maçanetas e volantes; valores de “*p*” para o teste de normalidade para ambos os gêneros; valores de “*p*” para o teste não paramétrico de *Mann-Whitney*; e valores de “*p*” para o teste paramétrico *t* de *Student*,
*Significância estatística ($p \leq 0,05$).

Análise de dados sobre a influência do gênero no torque						
	Normalidade (Teste W de <i>Shapiro-Wilk</i>)			Homogeneidade (Teste de <i>Levene</i>)	Análise	“ <i>p</i> ”
	“ <i>p</i> ” ♂	“ <i>p</i> ” ♀	Normal			
M01	0,6840	0,0000*	S+N=Não	-	<i>Mann-Whitney</i>	0,0000*
M02	0,0010*	0,0000*	N+N=Não	-	<i>Mann-Whitney</i>	0,0000*
M03	0,0008*	0,2213	N+S=Não	-	<i>Mann-Whitney</i>	0,0000*
M04	0,2361	0,0253*	N+S=Não	-	<i>Mann-Whitney</i>	0,0000*
M05	0,0120*	0,0204*	N+N=Não	-	<i>Mann-Whitney</i>	0,0000*
V01	0,0466*	0,0001*	N+N=Não	-	<i>Mann-Whitney</i>	0,0000*
V02	0,0509*	0,0258*	N+N=Não	-	<i>Mann-Whitney</i>	0,0000*
V03	0,0018*	0,3866	N+S=Não	-	<i>Mann-Whitney</i>	0,0000*
V04	0,3990	0,0915	S+S=Sim	0,3289	Teste – <i>t</i> de <i>Student</i>	0,0000*
V05	0,0390*	0,3003	N+S=Não	-	<i>Mann-Whitney</i>	0,0000*

Para a verificação da ocorrência de diferenças significativas no torque, ao se considerar as diferentes faixas etárias consideraram-se inicialmente os pressupostos da condição de normalidade.

Todos os grupos de dados apresentaram não normalidade, portanto não se tornou necessária a verificação do pressuposto da condição de homogeneidade; recorreu-se neste caso, a uma análise não paramétrica. Utilizou-se o teste de *Kruskal-Wallis* “que se constitui em uma variação do teste WMW [*Mann-Whitney*] para comparação de mais de duas populações” (ARANGO, 2005, p. 281), neste caso, três faixas etárias.

O teste *pos hoc* de comparações múltiplas não paramétricas (ZAR, 1999, apud PASCHOARELLI, 2009) foi utilizado para identificar entre quais grupos as diferenças ocorreram.

A Tabela 8 exhibe os dados destas análises e os valores de “*p*” para as maçanetas e para os volantes. Já os resultados dos testes *pos hoc* para as maçanetas podem ser visualizados na Figura 37 e para os volantes na Figura 40.

Tabela 8 – Dados da análise sobre a influência da faixa etária no torque para as maçanetas e volantes; valores de “*p*” para o teste de normalidade para as diferentes faixas etárias; e valores de “*p*” para o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*.

*Significância estatística ($p \leq 0,05$).

Análise de dados sobre a influência da faixa etária no torque						
	Normalidade (Teste W de <i>Shapiro-Wilk</i>)				Análise	“ <i>p</i> ”
	“ <i>p</i> ” 18-29	“ <i>p</i> ” 30-55	“ <i>p</i> ” > 55	Normal		
M01	0,3477	0,0000*	0,0001*	S+N+N=Não	<i>Kruskal-Wallis</i>	0,0070*
M02	0,0002*	0,0029*	0,0009*	N+N+N=Não	<i>Kruskal-Wallis</i>	0,0013*
M03	0,0004*	0,0000*	0,0416*	N+N+N=Não	<i>Kruskal-Wallis</i>	0,1266
M04	0,7676	0,1849	0,0083*	N+N+S=Não	<i>Kruskal-Wallis</i>	0,0013*
M05	0,0124	0,0051	0,0010*	N+N+N=Não	<i>Kruskal-Wallis</i>	0,0064*
V01	0,0015*	0,0019*	0,0106*	N+N+N=Não	<i>Kruskal-Wallis</i>	0,1546
V02	0,4472	0,0002*	0,0001*	S+N+N=Não	<i>Kruskal-Wallis</i>	0,0275*
V03	0,1400	0,0350*	0,0006*	S+N+N=Não	<i>Kruskal-Wallis</i>	0,0873
V04	0,3199	0,0161*	0,0913	S+N+S=Não	<i>Kruskal-Wallis</i>	0,2611
V05	0,4473	0,0014*	0,0003*	S+N+N=Não	<i>Kruskal-Wallis</i>	0,0759

Já para verificar a ocorrência de diferenças significativas na comparação do torque em todas as cinco maçanetas e todos os cinco volantes, para os diferentes grupos de sujeitos (considerando os gêneros e faixas etárias), além da verificação dos pressupostos de condição de normalidade, segundo Pestana e Gageiro (2005), um novo pressuposto deve ser adicionado, a esfericidade, a qual consiste na igualdade das variâncias entre os pares de níveis de tratamento. Isto se deve ao fato desta análise contar com medidas repetidas, que envolve os mesmos sujeitos em tratamentos distintos (*within-subjects*) e neste caso a probabilidade dos dados apresentarem correlação nos diferentes tratamentos é muito alta.

Os pressupostos da esfericidade foram examinados por meio do Teste de Esfericidade de *Mauchly* apontado por Gamst et al. (2008, p. 268) como apropriado para este fim.

O teste de *Mauchly* avalia dois pressupostos: o primeiro é de que “os níveis da variável *within-subjects* têm variâncias iguais (ou seja, que há homogeneidade de variância)”; e o segundo é de que “os pares dos níveis da variável *within-subjects* são correlacionados na mesma extensão (o estado da hipótese nula é de que as correlações entre os níveis não diferiram entre si)” (GAMST et al., 2008, p. 268).

Na verificação do pressuposto da esfericidade, “a hipótese nula é que as correlações são de magnitude comparável” de modo que “se o teste de *Mauchly* é significativo [$p < 0,05$]” isso indica que “a hipótese de esfericidade não foi cumprida” (GAMST et al., 2008, p. 268). Quando há violação da esfericidade e se a amostra é maior do que $a+10$ (onde a =número de níveis para as medidas repetidas), os procedimentos multivariados são mais poderosos (FIELD, 2000).

Desta forma, a fim de verificar a ocorrência das diferenças significativas, optou-se por utilizar a Análise de Variância (ANOVA - *Multivariate tests*) para medidas repetidas, para os casos de não cumprimento dos pressupostos de esfericidade e o teste *pos hoc* de *Bonferroni* para verificação dos grupos em que ocorrem as diferenças.

Para os casos do não atendimento dos pressupostos da condição de normalidade das variâncias, aplicou-se o teste não paramétrico de *Friedman* para verificação de ocorrência de diferenças significativas e o *pos hoc* de *Dunn* para verificação dos grupos em que ocorrem tais diferenças.

A Tabela 9 exibe os dados destas análises, os valores de “ p ” para as maçanetas e a Tabela 10 para os volantes.

Tabela 9 – Dados da análise sobre a influência do desenho no torque manual para as maçanetas; valores de “ p ” para o teste de normalidade e esfericidade; valores de “ p ” para o teste não paramétrico de *Friedman* e para o teste paramétrico ANOVA (*Multivariate tests*).

*Significância estatística ($p \leq 0,05$).

Análise de dados sobre a influência do desenho nos diferentes gêneros e faixas etárias (maçanetas)									
		Normalidade (Teste W de <i>Shapiro-Wilk</i>)					Esfericidade (Teste de <i>Mauchly</i>)	Análise	“ p ”
		M01	M02	M03	M04	M05			
18-29	♀	0,0349*	0,0001*	0,0230*	0,0323*	0,0029*	-	<i>Friedman</i>	0,0000*
	♂	0,8768	0,0001*	0,1532	0,3261	0,3313	-	<i>Friedman</i>	0,0000*
30-55	♀	0,0000*	0,9980	0,1613	0,4713	0,4804	-	<i>Friedman</i>	0,0000*
	♂	0,6687	0,3587	0,0244*	0,0338*	0,3802	-	<i>Friedman</i>	0,0000*
> 55	♀	0,0000*	0,1428	0,5865	0,8823	0,0118*	-	<i>Friedman</i>	0,0003*
	♂	0,0834	0,1136	0,1051	0,4768	0,1546	0,00	ANOVA	0,0000*

Tabela 10 – Dados da análise sobre a influência do desenho no torque manual para os volantes; valores de “ p ” para o teste de normalidade e esfericidade; valores de “ p ” para o teste não paramétrico de *Friedman* e para o teste paramétrico ANOVA (*Multivariate tests*).

*Significância estatística ($p \leq 0,05$).

Análise de dados sobre a influência do desenho nos diferentes gêneros e faixas etárias (volantes)									
		Normalidade (Teste W de <i>Shapiro-Wilk</i>)					Esfericidade (Teste de <i>Mauchly</i>)	Análise	“ p ”
		V01	V02	V03	V04	V05			
18-29	♀	0,0002*	0,3616	0,8680	0,9234	0,6614	-	<i>Friedman</i>	0,2191 ¹
	♂	0,1941	0,5784	0,0002*	0,9695	0,4617	-	ANOVA	0,0010*
30-55	♀	0,5456	0,3946	0,3572	0,8850	0,5863	0,0000	<i>Friedman</i>	0,0000*
	♂	0,5245	0,3986	0,2570	0,8853	0,0437*	-	<i>Friedman</i>	0,0001*
> 55	♀	0,5245	0,3986	0,2570	0,8853	0,8389	0,0000	ANOVA	0,0000*
	♂	0,3624	0,0520	0,1144	0,2573	0,0234*	-	<i>Friedman</i>	0,0068*

Os resultados dos testes *pos hoc* podem ser visualizados na Figura 38 para as maçanetas e na Figura 41 para os volantes

¹ A análise de dados da faixa etária de 18 a 29 para o gênero feminino NÃO apresentou significância estatística ($p \leq 0,05$), entretanto o teste *pos hoc* de *Dunn* apresentou diferença significativa na comparação com o volante V01 com todos os demais, como pode ser visualizado na Figura 41.

4.6. Pontos positivos e dificuldades metodológicas

No desenvolvimento desta pesquisa foram vivenciadas diversas experiências e dificuldades metodológicas. Dentre as dificuldades que envolveram os materiais e equipamentos, destaca-se o sistema de encaixe dos volantes (Figura 24) que por duas vezes foi danificado e precisou ser substituído.

Quanto aos procedimentos, encontrou-se dificuldade na abordagem dos idosos, uma vez que estes exigiam maior compreensão dos objetivos do estudo e instruções dos procedimentos. Outra dificuldade foi o período de realização de coleta, o qual incluiu o início do inverno e coincidiu com a passagem de frente frias na região de Bauru (SP). Isto fez com que a instrução utilizada inicialmente, quando as coletas de dados foram realizadas no laboratório, tal como a retirada de sapatos e casacos, tivesse que ser dispensada nas coletas de dados realizadas nos ambientes fora do laboratório. Uma correção para a variável estatura foi aplicada na tabulação dos dados a fim de compensar estas diferenças.

Considera-se como ponto positivo a estratégia de deslocamento a ambientes mais propícios à localização dos idosos, o que reduziu o período de coleta de dados. De igual modo, o deslocamento para outros ambientes, dentro da UNESP - Bauru permitiu uma abordagem mais facilitada.

A experiência nas atividades de pesquisa foram positivas. O apoio humano recebido, por parte dos integrantes do Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI), foi primordial em todas as etapas da pesquisa. Mostrou-se positivo também, o apoio da seção de Pós-graduação da FAAC – UNESP - Bauru, no suporte para realização da coleta junto a esta seção. De igual modo, o apoio externo foi imprescindível para a realização da coleta de dados e dentre eles destacam-se, o Abrigo para Idosos Vila Vicentina, na pessoa da psicóloga Fernanda Calore (CRP 06/94539); e a Pró-paróquia da Imaculada Conceição, por intermédio do padre Claudemir Moreira, os quais contribuíram com grande desvelo na seleção e convocação de sujeitos idosos aptos a participarem.

5. RESULTADOS

Considerando os objetivos propostos, apresentam-se a seguir análises, as quais buscam compreender a influência do gênero, da faixa etária e do desenho da interface das maçanetas e dos volantes no torque manual.

5.1 A influência do gênero no torque manual em maçanetas

Os resultados (Figura 36) apontam que para todas as maçanetas os sujeitos do gênero masculino realizaram torque significativamente maior que os sujeitos do gênero feminino.

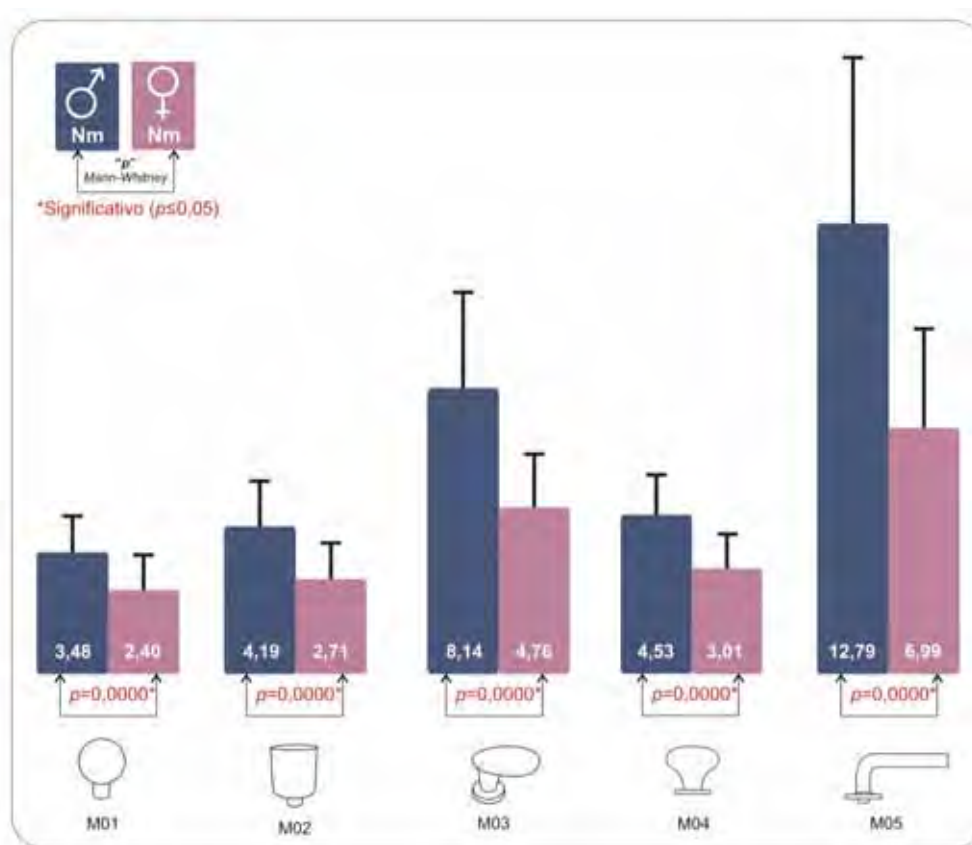


Figura 36 – Resultados gerais (médias e desvios padrão) na comparação entre os gêneros para o torque em interface de maçanetas; e valor de “p” para o teste de *Mann-Whitney*.

Estes resultados em percentuais indicam que o gênero feminino realizou torque médio correspondente a 68,96% (M01); 64,67% (M02); 58,47% (M03); 66,44% (M04); e 54,65% (M05); da força média realizada pelo gênero masculino.

5.2 A influência da faixa etária no torque manual em maçanetas

Os resultados gerais (médias e desvios padrão) do torque em interfaces de maçanetas, na comparação entre as faixas etárias, podem ser observados na Figura 37.

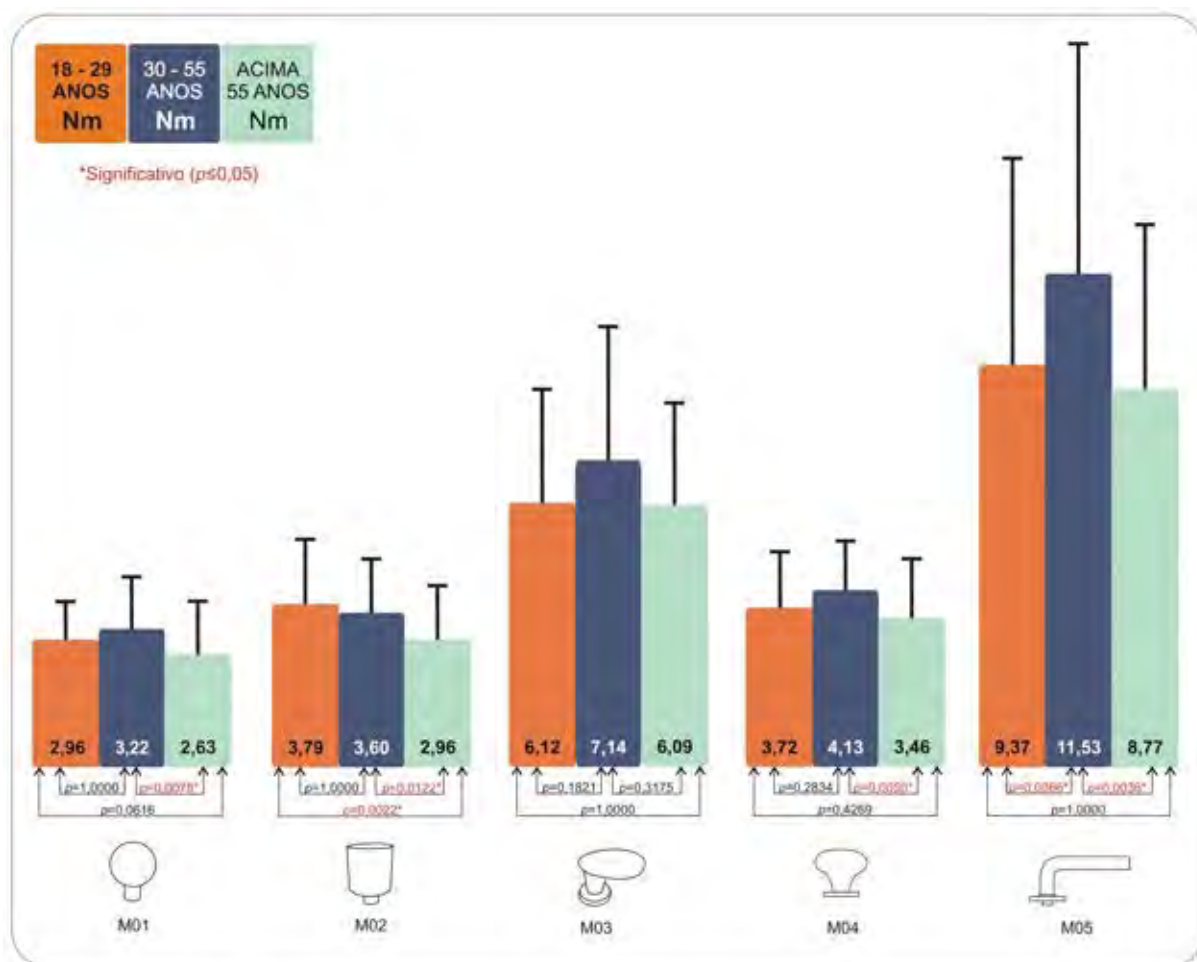


Figura 37 – Resultados gerais (médias e desvios padrão) na comparação entre as faixas etárias (18-29 anos; 30-55 anos; e acima de 55 anos) para o torque em interface de maçanetas; e valores de “ p ” para o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* e o *pos hoc* teste de comparações múltiplas não paramétricas (ZAR, 1999, apud PASCHOARELLI, 2009).

Estes resultados indicam que para a maçaneta M01 e M04 os valores são significativamente menores para os sujeitos da faixa etária acima de 55 anos em comparação com os sujeitos de 30 a 55 anos. Para a maçaneta M02 os sujeitos da faixa etária acima de 55 anos aplicaram menores forças que os outros sujeitos (18-29 anos e 30-55 anos) e esta diferença foi estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$). Para a maçaneta M05 os sujeitos da faixa etária de 18 a 29 anos aplicaram forças significativamente menores que os sujeitos da faixa etária de 30 a 55 anos, e para estes, também foram registradas maiores forças que para a faixa etária acima de 55 anos e esta diferença foi significativa ($p \leq 0,05$).

5.3 A influência do desenho da maçaneta no torque manual

Os resultados gerais (médias e desvios padrão) do torque em interfaces de maçanetas, para ambos os gêneros (masculino e feminino) e todas as faixas etárias (18-29 anos; 30-55 anos; e acima de 55 anos), são apresentados na Figura 38.

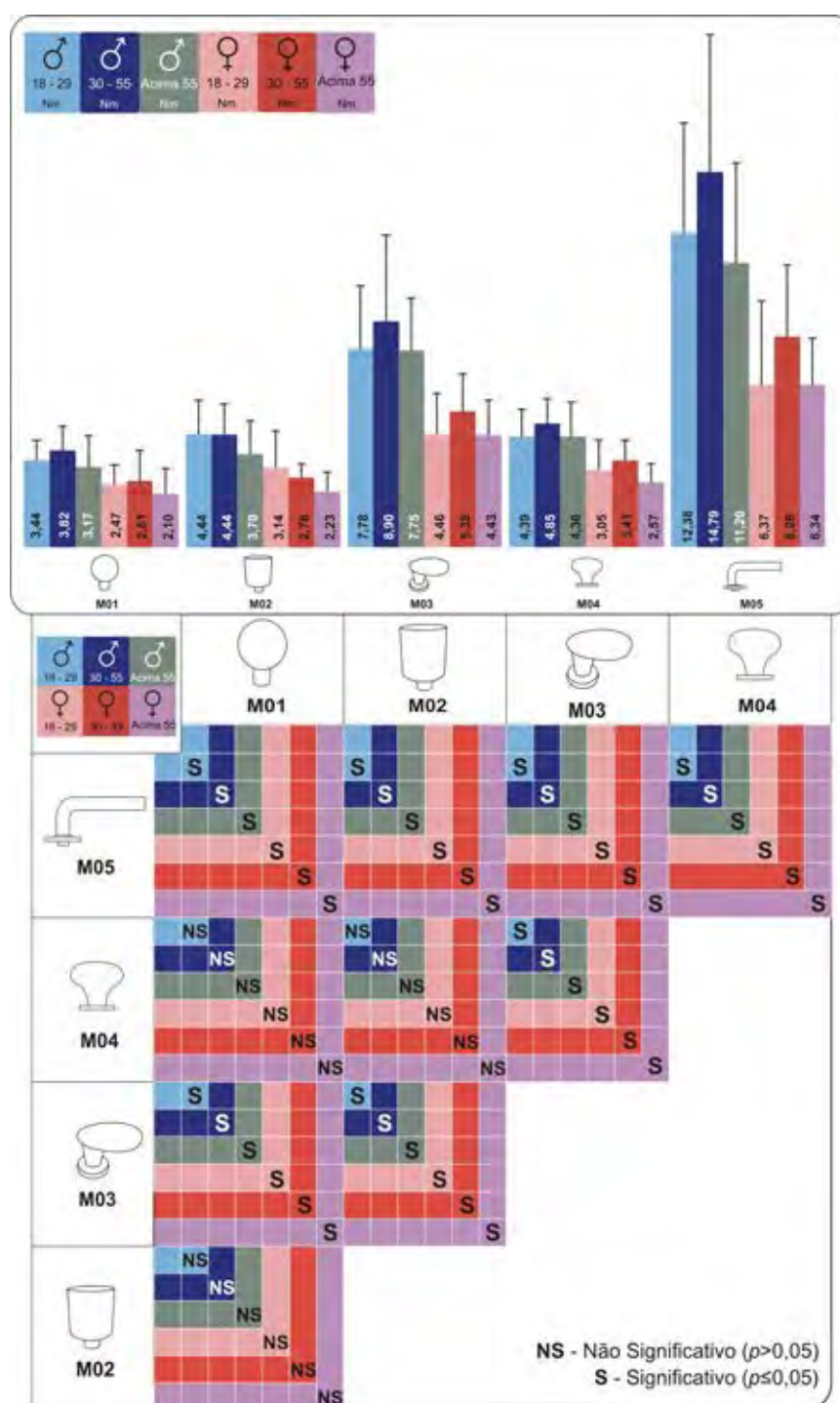


Figura 38 – Resultados gerais (médias e desvios padrão) na comparação entre os gêneros e faixas etárias para o torque em interface de maçanetas; e níveis de significância das comparações entre os grupos de

sujeitos para o teste de *Friedman* e o *pos hoc* de *Dunn* (ZAR, 1999, apud PASCHOARELLI, 2009); para os sujeitos do gênero masculino da faixa etária acima de 55 anos, teste ANOVA (*Multivariate tests*) para medidas repetidas e o *pos hoc* de *Bonferroni*.

Verificou-se que os maiores valores médios foram obtidos, de modo geral, com a maçaneta M05, seguida da maçaneta M03, M04, M02 e finalmente M01. Diferenças significativas em todas as comparações foram encontradas para as maçanetas M03 e M05, em todos os gêneros e faixas etárias. A maçaneta M02 não apresentou diferença significativa na comparação entre as maçanetas M01 e M04 em ambos os gêneros e em todas as faixas etárias. De igual modo, a maçaneta M04 não apresentou diferença significativa na comparação entre a maçaneta M01 para todos os grupos de sujeitos.

5.4 A influência do gênero no torque manual em volantes de metais sanitários

Os resultados (Figura 39) apontam que para todos os volantes os sujeitos do gênero masculino realizaram torque significativamente maior que os sujeitos do gênero feminino.

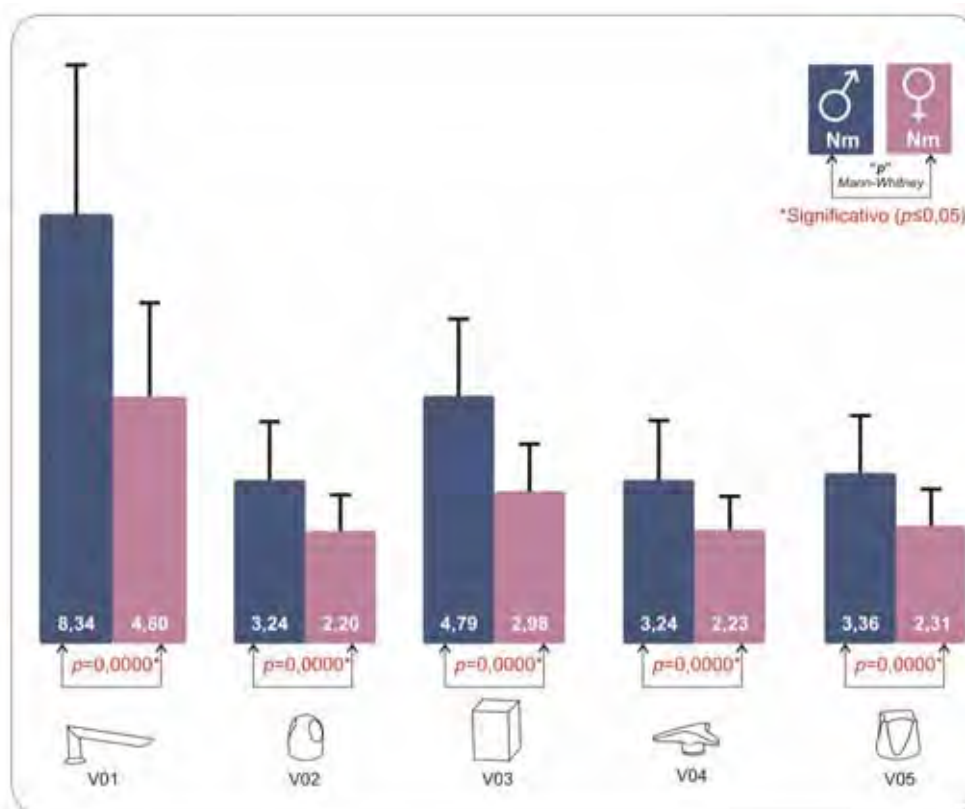


Figura 39 – Resultados gerais (médias e desvios padrão) na comparação entre o torque dos gêneros na interface dos volantes; e valor de “*p*” para o teste de *Mann-Whitney*.

Em percentuais, estes resultados indicam que o gênero feminino realizou torque médio que correspondeu a 57,83% (V01); 67,90% (V02); 62,21% (V03); 68,82% (V04); e 68,75% (V05); da força média realizada pelo gênero masculino.

5.5 A influência da faixa etária no torque manual em volantes de metais sanitários

Os resultados gerais (médias e desvios padrão) do torque, em volantes de metais sanitários, na comparação entre as faixas etárias, podem ser observados na Figura 40.

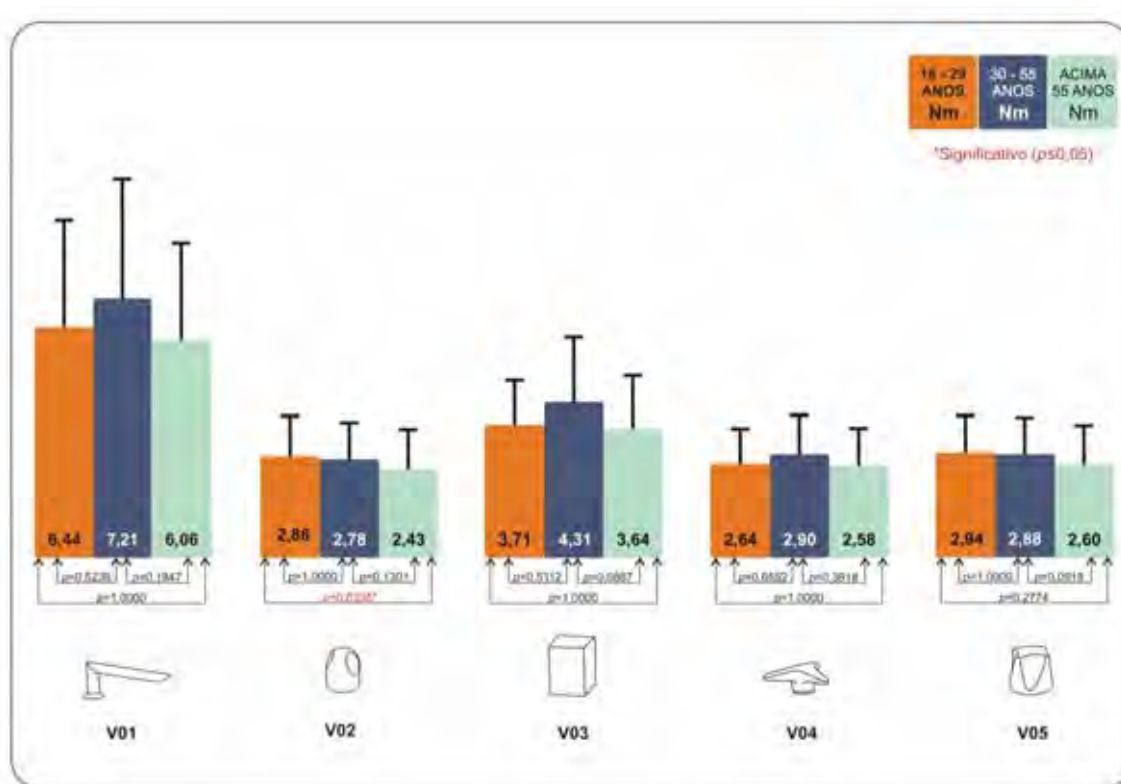


Figura 40 – Resultados gerais (médias e desvios padrão) na comparação entre as faixas etárias (18-29 anos; 30-55 anos e maior que 55 anos) para o torque em interface de volantes de metais sanitários; e valores de “p” para o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* e o *post hoc* teste de comparações múltiplas não paramétricas (ZAR, 1999, apud PASCHOARELLI, 2009).

Os resultados apontaram que a força registrada para o volante V02, pelo grupo de sujeitos de 18 a 29 anos foi significativamente maior que a força alcançada pelos sujeitos da faixa etária acima de 55 anos. Não foram verificadas outras diferenças significativas nas comparações entre os gêneros para nenhum dos volantes.

5.6 A influência do desenho do volante de metal sanitário no torque manual

Os resultados gerais (médias e desvios padrão) do torque em interfaces de volantes de metais sanitários, para ambos os gêneros (masculino e feminino) e todas as faixas etárias (18-29 anos; 30-55 anos; e acima de 55 anos), são apresentados na Figura 41.

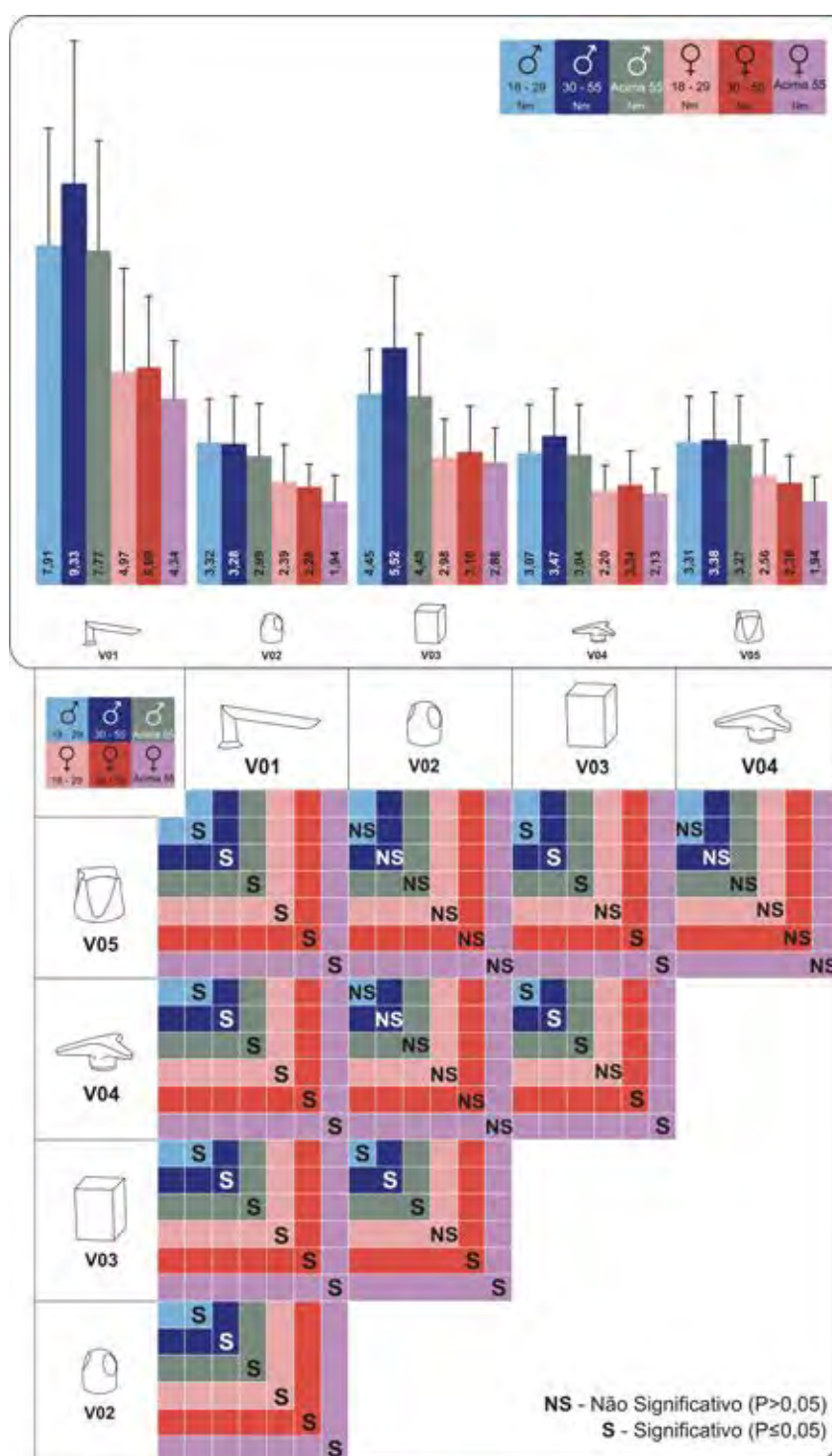


Figura 41 – Resultados gerais (médias e desvios padrão) na comparação entre os gêneros e faixas etárias para o torque em interface de volantes de metais sanitários; e níveis de significância das comparações entre

os grupos de sujeitos para o teste de *Friedman* e o *pos hoc* de *Dunn* (ZAR, 1999, apud PASCHOARELLI, 2009); para os sujeitos do gênero masculino da faixa etária acima de 55 anos, teste ANOVA (*Multivariate tests*) para medidas repetidas e o *pos hoc* de *Bonferroni*.

Verificou-se que os maiores valores médios foram obtidos, de modo geral, com o volante V01, seguido do volante V03. Já para os volantes V02, V04 e V05 verificaram-se valores aproximados.

Diferenças significativas em todas as faixas etárias e gêneros, para todas as comparações, foram encontradas para o volante V01. O volante V03 apresentou diferenças significativas para a maioria das comparações, com exceção dos volantes V02, V03 e V04 para os sujeitos do gênero feminino e da faixa etária de 18 a 29 anos.

Os volantes V02 e V04 não apresentaram diferenças significativas entre eles, para nenhum dos gêneros e faixas etárias. De igual modo, não apresentaram diferenças significativas em comparação com o V05.

6. DISCUSSÕES

Neste estudo, buscou-se investigar as variáveis de interesse na análise da usabilidade das interfaces de acionamento manual, as quais envolvem o torque manual, o gênero e a idade, a fim de verificar como o desenho das interfaces de uso cotidiano (maçanetas de portas e volantes de metais sanitários) interfere no torque em diferentes grupos de sujeitos.

Para isso, realizou-se uma avaliação do torque manual fixo (sentido horário), resultante de contração voluntária máxima, da mão direita de 180 indivíduos, destros e canhotos, de ambos os gêneros e diferentes faixas etárias (18 a 29 anos = 30♂ e 30♀; 30 a 55 anos = 30♂ e 30♀; acima de 55 anos = 30♂ e 30♀); na simulação de uso de cinco maçanetas de portas e cinco volantes de metais sanitários diferentes. Utilizaram-se equipamentos específicos na coleta de dados e os procedimentos basearam-se nas recomendações e critérios biomédicos especificados.

Lançou-se mão de objetivos que abordaram: a comparação dos resultados do torque na simulação de uso das maçanetas e dos volantes de metais sanitários diferentes, entre os gêneros e faixas etárias, além da compreensão acerca da influência do desenho da interface no torque durante a simulação de uso. Os resultados desta investigação serão discutidos a seguir.

6.1 A influência do gênero no torque manual em maçanetas

Neste estudo, os sujeitos do gênero masculino realizaram torque significativamente ($p \leq 0,05$) maior que os sujeitos do gênero feminino para todas as maçanetas. Observou-se ainda, que os sujeitos do gênero masculino alcançaram as maiores magnitudes médias de torque com as maçanetas do tipo alavanca, superando os sujeitos do gênero feminino em 41,53% (M03) e em 45,35% (M05).

Já as menores magnitudes médias de torque foram alcançadas com as maçanetas cujo desenho se aproximava da forma cilíndrica. Com estas interfaces os sujeitos do gênero masculino superaram os sujeitos do gênero feminino em 31,04% (M01), 35,33% (M02) e 33,56% (M04).

Observou-se que as magnitudes de torque alcançadas pelos indivíduos alteraram-se conforme se modificou o desenho da interface, e neste sentido, as diferenças entre os gêneros também se acentuaram.

As maçanetas do tipo alavanca (M03 e M05) parecem favorecer o gênero masculino, já que nestas interfaces, foram verificadas as maiores diferenças entre os gêneros (de 41,53% a 45,35%). As que se aproximam das formas cilíndricas ou esféricas (M01, M02 e M04), parecem favorecer o gênero feminino, pois a diferença entre os gêneros foi menor (de 31,04 a 33,56%). É possível relacionar estas informações com os resultados encontrados por Shih e Wang (1997), os quais verificaram resultados com maiores torques para o gênero masculino na manipulação das pegas maiores e para o gênero feminino na manipulação das pegas médias.

Paschoarelli (2009) também observou que para as maçanetas cujas pegas ficavam próximas ao eixo de rotação esta diferença entre gêneros foi menor (43% a 47%), em comparação com as maçanetas cuja pega apresentava-se mais distante desse eixo (59% a 77%).

De modo geral, o torque alcançado pelo gênero feminino, na análise destas interfaces, variou de 54,65% a 68,96% da força média alcançada pelos sujeitos do gênero masculino. A literatura disponível indica que esta diferença entre os gêneros é conhecida e discutida (CHAFFIN et al., 2001; IIDA, 2005) de modo que a força para o gênero feminino pode apresentar valores próximos aos encontrados neste estudo, de 49,12% a 51,5% da força do gênero masculino (IMRHAN; JENKINS, 1999; KIM; KIM, 2000), ou de 62% a 66% (MITAL, 1986; MITAL; SANGHAVI, 1986; SHIH; WANG, 1996, 1997).

6.2 A influência da faixa etária no torque manual em maçanetas

Diferenças quanto a influência da faixa etária no torque foram verificadas neste estudo. Para todas as maçanetas, os sujeitos idosos realizaram as menores magnitudes médias de torque e estas diferenças foram significativas para a maioria das maçanetas.

Para a maçaneta M01 (esférica) e M04 (forma próxima à cilíndrica/esférica) os sujeitos da faixa etária acima de 55 anos realizaram magnitudes de torque significativamente ($p \leq 0,05$) menores em comparação com os sujeitos da faixa etária de 30 a 55 anos. De igual modo, para a maçaneta M02 (cilíndrica) os sujeitos desta faixa etária

também aplicaram forças significativamente menores, mas neste caso, em comparação com todos os outros sujeitos (18-29 anos e 30-55 anos). Também, para a maçaneta M05 (alavanca), os sujeitos desta faixa etária realizaram forças significativamente menores, e para este caso, em comparação com os sujeitos da faixa etária de 30 a 55 anos. Outro resultado para esta mesma maçaneta indica que os sujeitos da faixa etária de 18 a 29 anos realizaram torque significativamente menor que os sujeitos da faixa etária de 30 a 55 anos.

A maçaneta M03 (alavanca) não apresentou diferença estatisticamente significativa em nenhuma das comparações entre as faixas etárias, resultado distinto da maçaneta M05, também alavanca. Este resultado permite refletir como o desenho da interface manual é capaz de interferir na transmissão de força, a tal ponto, que um mesmo tipo de maçaneta (alavanca) – entretanto, com desenho diferente – pode comprometer o desempenho durante o uso, já que para um modelo (M05), diferenças significativas foram verificadas nas comparações entre duas faixas etárias (30-55 e acima de 55; 30-55 e 18-29), já para outro (M03), estas diferenças não foram verificadas.

Alguns destes resultados em percentuais apresentam que os sujeitos da faixa etária acima de 55 anos realizaram torque 18,32% menor que os sujeitos da faixa etária de 30 a 55 anos, na análise dos dados para a maçaneta M01; 17,77% para a maçaneta M02; 16,22% para a maçaneta M04; e 23,93% para a maçaneta M05. De modo geral, o percentual do torque para a faixa etária de 30 a 55 anos foi superior em torno de 16% a 24% da força dos sujeitos da faixa etária acima de 55 anos.

Estes resultados são análogos aos de estudos os quais afirmam que a força muscular parece ser maior por volta dos 30 anos com um declínio após este período (CATHCART, 1927; ASMUSSEN; HEEBOLL-NIELSON, 1962; CHAFFIN, et al., 1977; PASCHOARELLI, 2009) e de que esta força por volta dos 60 anos pode ser 20% menor do que próximo dos 30 anos de idade (ROEBUCK et al., 1975; HERTZBERG, 1972; SHEPHARD, 1995). Tal como em grande parte dos estudos em biomecânica, os quais envolvem forças manuais (MONTTOYE; LAMPHIYER, 1977; MATHIOWETZ et al., 1985; VOORBIJ; STEENBEKKERS, 2001), verificou-se um pico de força no início da fase adulta e um declínio no início da velhice.

6.3 A influência do desenho da maçaneta no torque manual

Neste estudo, a análise das diferentes maçanetas considerando-se os diferentes gêneros e faixas etárias, verificou que as interfaces avaliadas apresentam desempenhos diferentes, de modo que as maçanetas do tipo alavanca apresentaram as maiores magnitudes de força, para todos os grupos de sujeitos em comparação com as outras maçanetas, as quais apresentam desenhos cujas formas são similares à esférica ou à cilíndrica.

As comparações entre os desenhos das interfaces mostraram que a maçaneta M05 (alavanca) apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) na comparação entre todas as demais maçanetas. Este mesmo resultado foi encontrado por Peebles e Norris (2003) que ao analisarem, junto a um grupo de sujeitos ingleses, seis puxadores diferentes (Figura 14), verificaram que a maçaneta de alavanca excedeu em muito as forças exercidas sobre todos os outros puxadores. Este resultado também foi encontrado por Paschoarelli (2009), junto a uma amostra de indivíduos portugueses.

De igual modo, a maçaneta M03, também alavanca, apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) ao ser comparada com as demais maçanetas, para todos os gêneros e faixas etárias.

A maçaneta M01 (esférica), M02 (cilíndrica) e M04 (forma próxima à cilíndrica/esférica) permitiram a realização de menor torque para todos os grupos de sujeitos, e apesar de se observar discretas diferenças entre elas, estas, segundo os resultados da análise estatística, não foram significativas.

Estas pequenas diferenças podem ser compreendidas como devidas ao diâmetro destas interfaces. Apesar de apresentarem diferentes desenhos, elas possuem diâmetros similares, a maçaneta M01 e M02 apresentam o mesmo diâmetro, e a maçaneta M04 apresenta um pequeno aumento nesta variável. No que diz respeito ao torque, o diâmetro da pega representa grande influência, o torque parece aumentar na medida em que o diâmetro da pega também aumenta (SWAIN et al., 1970; ADAMS; PETERSON, 1988; KONG; LOWE, 2005a,b; KONG et al., 2007).

Diferenças como estas também foram verificadas por Paschoarelli (2009), entretanto, como suas amostras caracterizaram-se pelo atendimento do pressuposto da condição de normalidade, o teste paramétrico aplicado (Análise de Variância ANOVA

para medidas repetidas) foi capaz de diagnosticar estas diferenças como estatisticamente significativas. Isto se deve ao fato, de que testes paramétricos são muito mais sensíveis que testes não paramétricos. Com o teste não paramétrico, necessita-se de uma amostra maior ou de maiores diferenças para então rejeitar-se uma hipótese nula (SIEGEL; CASTELLAN, 1988; MOTULSKY, 1999).

Para análise destas maçanetas (M01, M02 e M03), devido a não normalidade da maioria das amostras, foi aplicado o teste não paramétrico de *Friedman* o qual não identificou diferenças.

6.4 A influência do gênero no torque manual em volantes de metais sanitários

Quanto aos volantes de metais sanitários, os sujeitos do gênero masculino também realizaram torque significativamente ($p \leq 0,05$) maior que os sujeitos do gênero feminino. Os sujeitos do gênero masculino alcançaram maiores magnitudes de torque com o volante V01 (alavanca), com o qual superaram o torque realizado pelos sujeitos do gênero feminino em 42,44%. A segunda maior magnitude de torque foi alcançada com volante V03 (cúbico), o qual permitiu realização de torque superior em 37,78%, em comparação com o gênero feminino.

O volante V02 (esférico), V04 (cruzeta) e V05 (cruzeta intermediária) permitiram a realização de menor torque para ambos os gêneros, entretanto, os sujeitos do gênero masculino também aplicaram torque significativamente maior que os do gênero feminino. Para o volante V02 (esférico) o gênero masculino aplicou torque superior em 32,09%; para o volante V04 (cruzeta) em 31,17%; e para o volante V05 (cruzeta intermediária) em 31,25%.

Verifica-se que o torque alterou-se conforme o desenho da interface e as diferenças entre os gêneros também parecem se modificar conforme o desenho do volante, de modo que, a maior diferença foi encontrada no volante V01 (alavanca). Neste volante os sujeitos do gênero feminino conseguiram aplicar apenas 57,56% da força alcançada pelo gênero masculino.

A segunda maior diferença foi encontrada para o volante V03 (cúbico) no qual os sujeitos do gênero feminino conseguiram alcançar valores maiores que os verificados para o volante V01, alcançaram 62,22% da força alcançada pelo gênero masculino; seguido do

volante V02 (esférico) com 67,91% da força registrada para o gênero masculino; do volante V05 (cruzeta intermediária) com 68,75%; e finalmente, a menor diferença significativa entre os gêneros foi registrada para o volante V04 (cruzeta), o qual permitiu aos sujeitos do gênero feminino alcançar 68,83% da força alcançada pelo gênero masculino.

De modo geral, o torque alcançado pelo gênero feminino na análise dos volantes variou de 57,56% a 68,83% do torque médio alcançado pelos sujeitos do gênero masculino, os quais corroboram com outros estudos que abordaram diferenças entre os gêneros na análise desta força manual (MITAL, 1986; MITAL; SANGHAVI, 1986; SHIH; WANG, 1996, 1997; IMRHAN; JENKINS, 1999; KIM; KIM, 2000; PASCHOARELLI, 2009).

6.5 A influência da faixa etária no torque manual em volantes de metais sanitários

A análise da influência das faixas etárias no torque em interfaces de metais sanitários mostrou que as forças aplicadas pela faixa etária acima de 55 anos foram as menores para todos os volantes; e os sujeitos da faixa etária de 30 a 55 anos foram responsáveis pelas maiores magnitudes de força para a maioria dos volantes, apesar de nem todas estas diferenças terem sido estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).

A análise destes dados apontou que o torque registrado para o volante V02, pelo grupo de sujeitos acima de 55 anos, foi significativamente menor que o torque aplicado pelo grupo de sujeitos da faixa etária de 18 a 29 anos.

Observa-se que este volante apresentou os menores valores médios de torque, o que pode ser compreendido pelo seu desenho, o qual não permite uma preensão firme por não apresentar pontos de apoio (alavancas) a fim de facilitar o movimento. As mãos tendem a escorregar neste tipo de pega e torna-se necessária uma força de preensão de aperto muito maior que para os outros volantes, o que para os idosos é muito mais difícil.

Ao comparar o volante V02 (cilíndrico) ao volante V05 (cruzeta intermediária) observa-se que estes apresentam desenhos semelhantes, entretanto, o volante V05 apresenta mais pontos de apoio em seu desenho do que o volante V02, o que tende a permitir uma preensão um pouco mais firme e com mais área de contato. Essas

semelhanças entre os desenhos resultaram em valores aproximados, mas que foram, segundo a análise estatística, suficientemente diferentes para resultar na não significância dos valores de torque exercido para as diferentes faixas etárias no volante V05.

Outro aspecto a ser considerado é o caso do volante V03 (cúbico), o qual apesar de apresentar arestas e parecer ser de difícil uso, suas faces funcionam como uma espécie de alavanca, o que permitiu o alcance de maior torque para todas as faixas etárias e sem diferenças significativas entre elas.

De modo geral, observa-se que os diferentes grupos, distribuídos nas faixas etárias, realizaram torques distintos, apesar destas diferenças não terem sido significativas em todas as comparações. Observa-se que os sujeitos acima de 55 anos realizaram menor torque em comparação com os outros sujeitos. Como já discutido, pequenas diferenças dificilmente são identificadas por testes não paramétricos (SIEGEL; CASTELLAN, 1988; MOTULSKY, 1999) e para este caso, devido ao não atendimento dos pressupostos da condição de normalidade, foi aplicado o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* o qual não identificou estas diferenças como estatisticamente significativas.

Alguns destes resultados em percentuais apresentam que para o volante V01 os sujeitos da faixa etária acima de 55 anos realizaram torques 15,95% menores que os sujeitos da faixa etária de 30 a 55 anos, apesar dessa diferença não ter sido estatisticamente significativa; 9,32% para o volante V02; 15,54% para o volante V03 (não significativo); 11,03% para o volante V04 (não significativo); e 9,72% para o volante V05 (não significativo).

De modo geral, o percentual do torque para a faixa etária de 30 a 55 anos foi superior em torno de 9,32% a 15,95% da força dos sujeitos da faixa etária acima de 55 anos. Estes resultados estão de acordo com estudos os quais indicam que a força muscular parece ser maior por volta dos 30 anos de idade, e apresentam um declínio após este período (CATHCART, 1927; ASMUSSEN e HEEBOLL-NIELSON, 1962; CHAFFIN, HERRIN, et al., 1977). Além destes, estudos que envolvem a manipulação de objetos também confirmam um pico de força no início da fase adulta e um declínio gradual até o início da velhice (MONTTOYE; LAMPHIYER, 1977; MATHIOWETZ et al., 1985; VOORBIJ; STEENBEKKERS, 2001).

6.6 A influência do desenho do volante de metal sanitário no torque manual

A análise dos diferentes volantes considerando-se os gêneros e faixas etárias verificou que os volantes apresentam diferentes performances. Com volante V01 (alavanca) foi possível alcançar as maiores magnitudes de torque para todos os grupos de sujeitos e estas diferenças foram significativas ($p \leq 0,05$) em todas as comparações. Este resultado corrobora com os estudos de Peebles e Norris (2003) que analisaram, junto a uma amostra de sujeitos ingleses, seis puxadores diferentes (Figura 14) e verificaram que a interface que apresentava formato de alavanca excedeu em muito as forças exercidas sobre todos os outros puxadores.

O volante V03 (cúbico) possui desenho com forma geométrica e de acordo com Lida (2005) este tipo e manejo apresenta pouca superfície de contato com as mãos, por se distanciar da anatomia humana, e tem a desvantagem de concentrar pontos de tensão nas mãos e transmitir menos força. Apesar disso, apresentou a segunda maior magnitude de torque para todos os grupos de sujeitos, em comparação com os outros volantes. Isso se deve, provavelmente, ao fato de que suas dimensões permitiram maior área de contato, apesar da forma geométrica. Além disso, suas faces funcionaram como uma espécie de alavanca o que permitiu uma preensão mais firme. É muito importante destacar, que não foram levadas em consideração as questões relacionadas ao conforto subjetivo dos sujeitos neste tipo de pega, o que provavelmente apontaria um manejo com pega desconfortável.

Para este volante foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) na comparação com todos os demais volantes, para a maioria dos sujeitos, com exceção dos sujeitos do gênero feminino da faixa etária de 18 a 29 anos. Este resultado pode ser comparado com o estudo de Cochran e Riley (1986) que observaram que as pegas retangulares apresentaram os melhores resultados que outras pegas (circulares, triangulares, quadrangulares, entre outras) e este fenômeno foi relatado como resultado do maior braço de momento (alavanca) disponível neste tipo de pega.

Já os volantes V02 (esférico), V04 (cruzeta) e V05 (cruzeta intermediária) apresentaram desempenhos similares, de modo que os testes estatísticos não verificaram diferenças significativas para as comparações. Estas três interfaces apresentam desenhos com formas menores e por isso com pouca área de contato entre a palma/dedos e a pega,

o que interfere na distribuição de forças (IIDA, 1971; NAPIER, 1985; IIDA, 2005; KONG et al., 2007) e conseqüentemente na magnitude de força gerada no acionamento destas interfaces (PHEASANT; O'NEILL, 1975; ADAMS; PETERSON, 1988). O volante V02 (esférico) apresenta superfície lisa e os sulcos existentes, os quais poderiam aumentar a área de contato entre a palma e a pega, não são eficientes.

Os volantes V02 (esférico) e V05 (cruzeta intermediária) apresentaram os resultados mais semelhantes ao se considerar os gêneros e as faixas etárias. O volante V05 encaixa-se nas formas intermediárias da pega geométrica e da antropomorfa, o que implicaria em maior área de contato do que na pega geométrica, mas isto não resultou em grandes diferenças ao se comparar as duas interfaces.

Isso se deve, provavelmente, ao pequeno dimensionamento do objeto, o qual não permite maior área de contato.

Já o volante V04 (cruzeta) permitiu o alcance de valores maiores de torque que os volantes V02 e V05, entretanto estas diferenças não foram estatisticamente significativas.

Resultados contraditórios foram verificados por Peebles e Norris (2003) ao constatarem que pegas manipuladas com a mão inteira geraram forças mais elevadas do que pegas acionadas somente com os dedos. Entretanto, para o volante V04 (cruzeta), observou-se que o tipo de a preensão realizada pelo sujeito foi com os dedos (preensão pentadigital), o que permitiu, para este tipo de interface, uma empunhadura com maiores pontos de apoio (alavancas) do que os outros volantes manipulados com a mão inteira (V02 e V05), o que resultou em maiores torques. Pode-se verificar que neste caso o desenho dos volantes V02 e V05 prejudicou um tipo de preensão que poderia gerar maiores torques por serem manipulados com a mão inteira.

Para o caso do volante V04 (cruzeta), apesar de ter registrado maiores torques, é importante ressaltar, que não levaram-se em consideração, as questões relacionadas ao conforto subjetivo dos sujeitos neste tipo de preensão, o que provavelmente implicaria em insatisfação/desconforto para os usuários.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto das interfaces de acionamento manual é objeto de estudo da Ergonomia nos aspectos que tangenciam os conhecimentos sobre as capacidades, limites e outras características do desempenho humano. A práxis ergonômica, associada à análise das atividades cotidianas, fundamenta o design ergonômico e permite aplicar o conhecimento gerado, no desenvolvimento de produtos e sistemas seguros, confortáveis, eficientes, efetivos e aceitáveis, uma vez que a falta de usabilidade pode favorecer, por exemplo, o surgimento de problemas de ordem biomecânica.

Os problemas na manipulação das interfaces de acionamento manual estão relacionados, dentre outros, aos aspectos da usabilidade, segurança e desempenho, os quais deveriam ser levados em consideração no desenvolvimento do projeto de produto, mas que freqüentemente são negligenciados frente a outras demandas do processo.

Neste estudo, abordaram-se duas interfaces de acionamento manual de uso cotidiano - maçanetas e volantes de metais sanitários - com o objetivo de verificar se o desenho destas interfaces pode influenciar a transmissão de força pelos usuários ao se considerar os gêneros e as faixas etárias.

Foi verificada a magnitude da influência do gênero no acionamento das maçanetas de porta e dos volantes de metais sanitários, de modo que os sujeitos do gênero feminino, nos dois casos, realizaram torque significativamente inferior ao registrado para os sujeitos do gênero masculino. Isto demonstra a importância de se levar em consideração estas diferenças no projeto destes tipos de acionamento.

Observou-se que as diferenças entre gêneros modificaram-se de acordo com o desenho da interface, de modo que os maiores torques e as maiores diferenças foram verificados nos desenhos com formas do tipo alavanca; e os menores torques e as menores diferenças entre os torques registrados para os diferentes gêneros foram encontrados nas maçanetas esféricas ou cilíndricas. Para os volantes, a forma de alavanca também proporcionou os maiores torques e as maiores diferenças; e o volante do tipo cruzeta apresentou um dos menores torques e a menor diferença entre o torque registrado para os gêneros.

Quanto às diferenças entre as faixas etárias, estas também foram verificadas para

ambas as interfaces, de modo que os sujeitos idosos realizaram o menor torque na maioria dos casos, principalmente ao serem comparados com os sujeitos da faixa etária de 30 a 55 anos, e para o caso das maçanetas, com maioria estatisticamente significativa.

As diferenças entre as faixas etárias foram verificadas de acordo com o desenho das maçanetas, de modo que os sujeitos idosos apresentaram desempenho significativamente inferior na maioria delas, com exceção da maçaneta alavanca M03 a qual apresenta um desenho mais robusto, o que pode ter influenciado na transmissão do torque.

Quanto aos volantes, os sujeitos idosos apresentaram também desempenho inferior. Especialmente para o volante esférico, estas diferenças foram estatisticamente significativas, ao se comparar com os sujeitos da faixa etária de 30 a 55 anos, os quais representam o grupo de indivíduos em período de maior pico de força muscular.

A partir destas análises, pode-se verificar que as mulheres idosas são as mais prejudicadas quanto à influência do desenho destas interfaces de acionamento manual, uma vez que em relação ao gênero, os sujeitos do gênero feminino exerceram torque significativamente inferior em comparação com os do gênero masculino; e quanto às faixas etárias os sujeitos acima de 55 anos formaram o grupo de indivíduos com menor capacidade muscular.

Observa-se neste resultado a importância de serem consideradas as características individuais dos usuários. O projeto das interfaces deve permitir uma preensão adequada à operação envolvida e demandar ações musculares, as quais se incluam dentro dos limites e capacidades de diferentes grupos de sujeitos.

Com base nestas constatações, apresentam-se algumas contribuições ao design das duas interfaces de acionamento manual investigadas, considerando-se que os resultados para ambas, foram similares:

- As maçanetas e os volantes do tipo alavanca podem ser considerados de melhor desempenho. Recomenda-se o uso das mesmas, entretanto o desenho deve priorizar formas antropomórfas, ante aos desenhos geométricos;
- Tanto as maçanetas quanto os volantes devem priorizar o aumento da área de contato entre a palma e a pega, uma vez que dimensões maiores permitem melhores desempenhos, principalmente para os volantes;

- Para as maçanetas, devem-se evitar os desenhos cujas formas se aproximem das circulares, e se existirem devem possuir maiores diâmetros e acabamentos com texturas, que proporcionem maior atrito durante a transferência de força;
- Os desenhos esféricos e cruzeta intermediária devem ser evitados no projeto dos volantes de metais sanitários e se existirem devem possuir maiores dimensionamentos, formas mais robustas e acabamentos com texturas que evitem o deslizamento das mãos durante seu acionamento.

Apesar de diversos estudos terem sido desenvolvidos no decorrer dos anos, os quais se preocuparam com o desempenho de ferramentas manuais de uso ocupacional (chaves de fenda, botões de controle em maquinários, volantes de direção, entre outros), este campo de pesquisa apresenta demanda por estudos que se preocupem com os aspectos da usabilidade das interfaces presentes no dia a dia de um grande número de pessoas.

A indústria ainda é carente de dados e metodologias de avaliação destes produtos. Os resultados e métodos apresentados neste estudo consistem na contribuição do Design na análise das interfaces de acionamento manual de uso cotidiano baseada nas capacidades musculoesqueléticas dos diferentes grupos de usuários.

Estudos futuros podem abordar os demais aspectos envolvidos na usabilidade destes produtos, como por exemplo, os aspectos da percepção de conforto/desconforto no manejo destas interfaces, já que a análise da usabilidade também envolve variáveis subjetivas relacionadas à experiência de conforto/desconforto e à percepção de esforço, as quais não se correlacionam diretamente com a atividade muscular. Outros estudos podem abordar mais variáveis que influenciam as forças envolvidas no uso de instrumentos manuais, tais como, diferenças populacionais, as quais podem existir, ao se comparar diferentes regiões (estados e países), por exemplo; ou ainda, ser realizado com outras faixas etárias, incluindo crianças e adolescentes.

Por fim, consideram-se satisfatórios os resultados encontrados neste estudo, de modo que é possível responder a questão da pesquisa e confirmar a hipótese: o desenho do manejo representa grande influência na relação Usuário x Tecnologia, no que se refere às interfaces analisados. Essa variável também é capaz de influenciar na realização de esforço muscular para o acionamento de maçanetas de portas e volantes de metais sanitários, considerando-se os diferentes gêneros e faixas etárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERGO. Associação Brasileira de Ergonomia. **Norma ERG BR 1002 - Código de Deontologia do Ergonomista Certificado**. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/arquivos/normas_ergbr/norma_erg_br_1002_deontologia.pdf> [2003]. Acessado em: 08. ago. 2009.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro, p. 105, 2004.
- ADAMS, S. K.; PETERSON, P. J. Maximal voluntary handgrip torque for circular electrical connectors. **Human Factors**, v. 30, n. 06, p. 733-745, 1988.
- ALDIEN, Y.; WELCOM, D.; RAKHEJA, S.; DONG, R.; BOILEAU, P.E. Contact pressure distribution at hand-handle interface: role of hand forces and handle size. **International Journal of Industrial Ergonomics**, n. 35, p. 267-286, 2005.
- ALMEIDA, A; ELIAN, S. NOBRE, J. Modificações e alternativas aos testes de Levene e de Brown e Forsythe para igualdade de variâncias e médias. *Revista Colombiana de Estadística*, v. 31, n.2, p. 241-260, 2008.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position Stand: exercise and physical activity for older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, n.30, p.323-330, 1998.
- ARANGO, H.G. **Bioestatística Teórica e Computacional**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- ARIÈS, P.; DUBY, G. (Eds.). **História da Vida Privada: Da Renascença ao século das luzes**. São Paulo: Companhia Das Letras, p. 636, 1991.
- ARMSTRONG, C. A.; OLDFHAM, J. A. A comparison of dominant and non-dominant and strengths. **Journal of Hand Surgery (British and European Volume)** , v. 4, n. 24B, p. 421-425, 1999.
- ASMUSSEN, E.; HEEBOLL-NIELSON, K. Isometric Muscle strength in relation to age in men and women. **Ergonomics**, v. 5, n. 1, p. 167 - 169, 1962.
- ASSUNÇÃO, A. Sistema músculo esquelético e Lesões por esforços repetitivos (LER). In: MENDES, M. **Patologia do trabalho**. Rio de Janeiro: Atheneu, p. 173-98, 1995.
- BERNS, T. The handling of consumer packaging. **Applied Ergonomics**, v. 12, n. 03, p. 153-161, 1981.
- BERTUZZI, R. C. M.; FRANCHINI, E.; KISS, M. A. P. D. Análise da força e da resistência de preensão manual e as suas relações com variáveis antropométricas em

escaladores esportivos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 1, n. 13, p. 87-93, 2005.

BORGES JUNIOR, N.; DOMENECH S.C.; SILVA A.C.K.; DIAS J.A.; SAGAWA JUNIOR, Y. Estudo comparativo da força de prensão isométrica máxima em diferentes modalidades esportivas. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 3, n. 11, p. 292-298, 2009.

BRAND, R. A.; CROWNINSHIELD, D. Comment on criteria for patient evaluation tools. **J. Biomech**, v. 14, n. 9, p. 655, 1981.

BUD, R.; WARNER, D. J. (Eds.). **Instruments of Science: an historical encyclopedia**. Hamden CT : Garland, 1998.

CALDWELL, L. S. et al. A proposed standart procedure for static muscle strength testing. **Amer. Ind. Hyg. J.**, v. 35, p. 201 - 206, 1974.

CAMPOS, L. F. A.; PASCHOARELLI, L. C. Taxonomia das formas de volantes de metais sanitários. In: IX Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: Produto, Informação, Ambiente Construído, Transporte e X Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces e Interação Humano-Computador, 2009, Rio de Janeiro. **Anais do IX ERGODESIGN**. Curitiba: UFPR, 2009. [CD-ROM].

CAMPOS, L. F. A.; PASCHOARELLI, L. C.. Design de metais sanitários: estudo diacrônico de torneiras para banheiros residenciais. In: 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2010, São Paulo. **Anais do 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**. São Paulo : PPGDesign-UAM, 2010. p. 1375-1388.

CAMPOS, L. F. A.; PASCHOARELLI, L. C.; MUNIZ, F.J.; SILVA, D.C.; LANUTTI, J. N. L.; SILVA, J. C. P. Análise física da força manual de torque: contribuições para o design de ferramentas manuais. In: Congresso Brasileiro de Ergonomia, 2010, Rio de Janeiro. **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Ergonomia: III Congresso Latino- Americano de Ergonomia da ULAERGO: IX Fórum de Certificação do Ergonomista Brasileiro: IV ABERGO Jovem: IV Congresso Brasileiro de Iniciação Científica em Ergonomia**. Rio de Janeiro: ABERGO, 2010b. [CD-ROM].

CAMPOS, L. F. A.; PASCHOARELLI, L. C.; MUNIZ, F.J.; SILVA, D.C.; LANUTTI, J. N. L.; SILVA, J. C. P. Diferenças individuais e a força manual de torque: a influência do gênero e suas contribuições ao design ergonômico. In: X Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: Produto, Informação, Ambiente Construído, Transporte e X Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces e Interação Humano-Computador, 2010, Rio de Janeiro. **Anais do X ERGODESIGN**. Rio de Janeiro: LEUI - PUC - RIO, 2010d. [CD-ROM].

- CAMPOS, L. F. A.; PASCHOARELLI, L. C.; MUNIZ, F.J.; SILVA, D.C.; LANUTTI, J. N. L.; SILVA, J. C. P. Forças manuais de torque: contribuições para o design ergonômico de volantes de metais sanitários. In: X Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: Produto, Informação, Ambiente Construído, Transporte e X Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces e Interação Humano-Computador, 2010, Rio de Janeiro. **Anais do X ERGODESIGN**. Rio de Janeiro: LEUI - PUC - RIO, 2010d. [CD-ROM].
- CAMPOS, L. F. A.; PASCHOARELLI, L. C.; SILVA, D. C.; MUNIZ, F.J.; LANUTTI, J. N. L.; SILVA, J. C. P. Contribuições para o design ergonômico de instrumentos manuais: influência do gênero na aplicação de forças manuais de torque. In: Congresso Brasileiro de Ergonomia, 2010, Rio de Janeiro. **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Ergonomia: III Congresso Latino- Americano de Ergonomia da ULAERGO: IX Fórum de Certificação do Ergonomista Brasileiro: IV ABERGO Jovem: IV Congresso Brasileiro de Iniciação Científica em Ergonomia**. Rio de Janeiro: ABERGO, 2010. [CD-ROM]
- CAPORRINO, F. A. et al. Estudo populacional da força de preensão palmar com dinamômetro Jamar®. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 2, n. 33, p. 150-154, 1998.
- CATHCART, E. P. The physique of women in industry. **Proc. Ro. Inst. Gr. Brit.**, v. 25, p. 185 - 199, 1927.
- CHAFFIN, D. B. Ergonomics guide for the assessment of human strength. **American Industrial Hygiene Association Journal**, v. 36, p. 505 - 510, 1975.
- CHAFFIN, D. B. Functional assessment for heavy physical labor. In: ALDERMAN, M. H.; HANLEY, M. J. **Clinical medicine for the occupational physician**. New York: Dekker, p. 187 – 192, 1982.
- CHAFFIN, D. B.; ANDERSON, G. B. J.; MARTIN, B. J. **Biomecânica Ocupacional**. Belo Horizonte: Ergo, 2001.
- CHAFFIN, D.B.; HERRIN, G.D.; KEYSERLING, W.M.; FOUKLE, J.A.. **Preemployment strenght testing**. Cincinnati: Health, Technical Report No. 77 - 163 of National Institute for Occupational Safety and, 1977.
- CHAO, E. Y.; OPGRANDE, J. D.; AXMEAR, F. E. Three dimensional force analysis of finger joints in selected isometric hand functions. **Journal of Biomechanics**, n. 9, p. 387-396, 1976.
- CHENGALUR, S. N.; RODGERS, S.; BERNARD, T. E. **Kodak's: ergonomics design for people at work**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004.
- CICHINELLI, G. C. Formas de Abrir. **Revista Arquitetura e Urbanismo**, n. 167, Fevereiro, 2008.

- COCHRAN, D. J.; RILEY, M. W. The effects of handle shape and size on exerted forces. **Human Factors**, v. 28 , n. 3, p. 253–265, 1986.
- CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. **Resolução Nº 196, de 10 de outubro de 1996**, 1996. Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br/docs/Resolucoes/Reso196.doc>>. Acesso em: 08 abril 2010.
- COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre: [s.ed.], 2003.
- CRAWFORD, J. O.; WABINE, E.; NAYAK, L. The interaction between lid diameter, height and shape on wrist torque exertion in younger and older adults. **Ergonomics**, v. 45, n. 13, p. 922–933, 2002.
- CROSBY, C. A.; WEHBÉ, M. A.; MAWR, B. Hand strength: normative values. **The Journal of Hand Surgery**, v. 4, n. 19A, p. 665-670, 1994.
- DAAMS, B. J. Static force exertion in postures with different degrees of freedom. **Ergonomics**, v. 4, n. 36, p. 397-406, 1993.
- DARROUJ, L. S. **Avaliação de força de torção manual infantil**: o design ergonômico aplicado ao desenvolvimento de tampas seguras para embalagens de domissanitários [Dissertação de Mestrado]. Bauru: UNESP, 2009. 69 p.
- DECA CLUB. O Banheiro na História. **Decaclub**. Disponível em: <<http://www.decaclub.com.br/bhistoria/site.asp?P=1>>. Acesso em: 15 abr 2010.
- DEINAVAYAGAM, S.; WEAVER, T. **Effects of handle length and bolt orientation on torque strength applied during simulated maintenance tasks**. In: AGHAZADEH, F. (Ed.) Trends in Ergonomics / Human Factors. Amsterdam: Elsevier, p: 827-833, 1988.
- DIAS, J. A. et al. Força de apreensão palmar: métodos de avaliação e fatores que influenciam a medida. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 3, n. 12, p. 209-216, 2010.
- EDGREN, C. S.; RADWIN, R. G.; IRWIN, C. B. Grip force vectors for varying handle diameters and hand sizes. **Human Factors**, v. 2, n. 46, p. 244-251, 2004.
- ERGONOMI DESIGN GRUPPEN. **Shaping success**: [Catálogo]. Bromma: Ergonomi Design Gruppen, 1997.
- FEIJÓ, B. V. As águas do tempo: a história do banho. **Aventuras na história**. Disponível em: <<http://historia.abril.com.br/comportamento/aguas-tempo-historia-banho-435136.shtml>>. Acesso em: 23 mar 2010.
- FERREIRA, A.B.de H. **Novo Dicionário Aurélio eletrônico**: século XXI. Rio de Janeiro: Nova Fronteira/Positivo Informática Ltda, 2004.

- FERNANDEZ, J.E.; DAHALAN, J.B.; HALPERN, C.A.; FREDERICKS, T.K. The effects of deviation wrist posture on pinch strength for females. In: KUMAR, S. (Ed.) **Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV**. London: Taylor & Francis, p. 693-700, 1992.
- FESS, E. E.; MORAN, C. A. Clinical assessment recommendation. **American Society of Hand Therapists**, 1981.
- FIELD, A. **Discovering statistics using SPSS for Windows**. London: Sage, 2000.
- FRANSSON, C.; WINKEL, J. Hand Strength: the influence of grip span and grip type. **Ergonomics**, v. 7, n. 34, p. 881-892, 1991.
- GAMST, G; MEYERS, L. S; GUARINO, A. J. **Analysis of variance designs: a conceptual and computational approach with SPSS and SAS**. Cambridge: Cambridge University, 2008.
- HABES, D. J.; GRANT, K. A. An electromyographic study of maximum torques and upper extremity muscle activity in simulated screwdriving tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics**, n. 20, p. 339-346, 1997.
- HALLBECK, M.S.; KAMAL, A.H.; HARMON, P.E. The effects of forearm posture, wrist posture, gender, and hand on three pinch force types. In: **Proceedings of the Human Factors Society 36th Annual Meeting**. Santa Monica, Human Factors Society, p. 801-805, 1992.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Mecânica**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1991. v. 1.
- HAMIL, J.; KNUTZEN, K. M. **Bases biomecânicas do movimento humano**. São Paulo: Malone Ltda, 1999.
- HANTEN, W. P. et al. Maximum grip strength in normal subjects from 20 to 64 years of age. **Journal of Hand Therapy**, n. 12, p. 193-200, 1999.
- HÄRKÖNEN R.; PIIRTOMAA, M.; ALARANTA, H. Grip strength and hand position of the dynamometer in 204 Finnish adults. **Journal of Hand Surgery** (British and European volume), n. 18B, v.1, p. 129-132, 1993.
- HENDRIK, H. W. Macroergonomics: a new approach for improving productivity, safety and quality of work life. In: VI Congresso Brasileiro de Ergonomia, 6., 1993, Florianópolis. **Anais do VI Congresso Brasileiro e II Congresso Latino-americano de Ergonomia**, Florianópolis, p. 39-58, 1993.
- HERTZBERG, H. T. E. Engineering anthropology. In: VAN COTT, H. P.; KINKADE, R. G. **Human engineering guide to equipment design**. New York: McGraw-Hill, 1972.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos Idosos Responsáveis pelos Domicílios no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

Acessado em 29 jun de 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/perfilidoso/perfidosos2000.pdf>>.

- IIDA, I. **A Ergonomia do manejo**: [Tese de Doutorado]. São Paulo: EDUSP, 1971.
- IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Edgard Blucher, 2005.
- IKEMOTO, Y. et al. Force-time parameters during explosive isometric grip correlate with muscle power. **Sport Sciences for Health**, v. 2, n. 2, p. 64-70, 2007.
- IMRHAN, S. N. Two-handed static grip strengths in males: the influence of grip width.. **International Journal of Industrial Ergonomics**, n. 31, p. 303-311, 2003.
- IMRHAN, S. N.; JENKINS, G. K. Flexion-extension hand torque strengths: applications in maintenance tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 23, n. 04, p. 359-371, 1999.
- IMRHAN, S. N.; JENKINS, G. K. Hand turning torques in a simulated maintenance task. In: DAS, B. **Advances in Industrial Ergonomics and Safety II**. Londres: Taylor e Francis, p. 437-444, 1990.
- IMRHAN, S. N.; JENKINS, G. K.; TOWNES, M. The effect of forearm orientation on wrist-turning strength. In: KUMAR, S. **Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV**. Londres: Taylor & Francis, p. 687-691, 1992.
- IMRHAN, S. N.; LOO, C. H. Modelling wrist-twisting strength of the elderly. **Ergonomics**, v. 31, n. 12, p. 1807-1819, 1989.
- IMRHAN, S.N. The influence of wrist position on different types of pinch strength. **Applied Ergonomics**, v.06, n. 22. p.379-384, 1991.
- ISTOCKPHOTO. Disponível em: <<http://www.istockphoto.com/index.php>>. Acesso em: 15 junho 2010.
- JORDAN, P. W. **An Introduction to Usability**. London: Taylor e Francis, 1998.
- KALLMAN, D.A.; PLATO, C.C.; TOBIN, J.D. The role of muscle loss in the age-related decline of grip strength: Cross-sectional and longitudinal perspectives. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, n. 45, p. M82-M88, 1990.
- KAMAL, A.H.; MOORE, B.J.; HALLBECK, M.S. The effects of wrist position / glove type on peak lateral pinch force. In: KUMAR, S. (Ed.) **Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV**. London: Taylor & Francis, p. 701-708, 1992.
- KAO, S. Y. Carpal tunnel syndrome as an occupational disease. **Journal of the American Board of Family Practice**, n. 16, p. 533-542, 2003.
- KAPANDJI, A. I. **Fisiologia articular**: membro superior. 6ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, v. 1, 2007.

- KIM, C.; KIM, T. Maximum torque exertion capabilities of Korean at varying body postures with common hand tools. In: International Ergonomics Association, 14., 2000, San Diego. **Proceedings of the International Ergonomics Association**, San Diego: IEA, 2000. [CD-ROM].
- KONG, Y.K.; LOWE, B.D.; LEE, S.J.; KRIEG, E.F. Evaluation of handle shapes for screwdriving. **Applied Ergonomics**, n. 39, p. 191–198, 2008.
- KONG, Y.K.; LOWE, B.D.; LEE, S.J.; KRIEG, E.F. Evaluation of handle design characteristics in a maximum screwdriving torque task. **Ergonomics**, v. 50, n. 9, p. 1404–1418, 2007.
- KONG, Y. K.; LOWE, B. D. Optimal cylindrical handle diameter for grip force tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics**, n. 35, p. 495-507, 2005b.
- KONG, Y.; LOWE, B. D. Evaluation of handle diameters and orientations in a torque task. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 35, p. 1073–1084, 2005a.
- KROEMER, K. H.; KROEMER, H.; KROEMER-ELBERT, K. Ergonomics: how to design for exertions. **Human Factors**, v. 12, n. 3, p. 297 - 313, 1994.
- KUTLUHAN, S.; AKHAN, G.; DEMIRCI, S.; DURU, S; KOYUNCUOGLU, H.R.; OZTURK, M.; CIRAK, B. Carpal tunnel syndrome in carpet workers. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, n. 74, p. 454–457, 2001.
- LEYK, D.; GORGES, W; RIDDER, D; WUNDERLICH, M; RÜTHER, T; SIEVERT, A; ESSFELD, D. Hand-grip strength of young men, women and highly trained female athletes. *European Journal of Applied Physiology* , v. 4, n. 99, p. 415-421, 2007.
- LORENZETTI. Instruções de instalação para acabamentos de registro. **Lorenzetti**, p. 1, 2009. Disponível em: <http://www.lorenzetti.com.br/portal_metais.asp>. Acesso em: 22 abr 2009.
- LYNCH, N.A.;METTER, E.J.;LINDLE, R.S.; FOZARD, J.L.; TOBIN, J.D.; ROY, T.A.; FLEG, J.L.; HULEY, B.F. Muscle quality. I. Age associated differences between arm and leg muscle groups. **Journal of Applied Physiology**, n. 86, p.188-194, 1999.
- MACE, R. L.; HARDIE, G. J.; PLACE, J. P. **Accessible Environments: Toward Universal Design**. Nova York: The Center for Universal Design , 1991.
- MAGILL, R.; KONZ, S. An evaluation of seven industrial screwdrivers. In: KARWOWSKI, W. **Trends in Ergonomics/Human Factors III**. p. 597–604, 1986.
- MAMANSARI, D. U.; SALOKHE, V. M. Static strength and physical work capacity of agricultural labourers in the central plain of Thailand. **Applied Ergonomics**, n. 271, p. 53-60, 1996.
- MATHIOWETZ, V.; KASHMAN, N.; VOLLAND, G.; WEBER, K.; DOWE, M.;

- ROGERS, S. Grip and pinch strength: normative data for adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, n. 66 , p. 69-74, 1985.
- MATHIOWETZ, V.; WEBER, K.; VOLLAND, G.; KASHMAN, N. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. **The Journal of Hand Surgery**, v. 2, n. 9A, p. 222-226, 1984.
- MATHIOWETZ, V.; WIEMER, D. M.; FEDERMAN, S. M. Grip and pinch strength: norms for 6 to 19-year-olds. **The American Journal of Occupational Therapy**, v. 10, n. 40, p. 705-711, 1986.
- MATSUOKA, J; BERGER, R.A.; BERGLUND, L.J.; AN, K.N. An analysis of symmetry of torque strength of the forearm under resisted forearm rotation in normal subjects. **The Journal of Hand Surgery**, v. 31A, n. 5, 2006.
- MECMESIN. **Torque Products**. Torque Instruments. Disponível em: <<http://www.mecmesin.com/torque-products/torque-instruments>>. Acessado em: 17 mai de 2010.
- MITAL, A. Effect of body posture and common hand tools on peak torque exertion capabilities. **Applied Ergonomics**, v. 17, n. 02, p. 87-96, 1986.
- MITAL, A.; CHANNAVEERAIHAH, C. Peak volitional torques for wrenches and screw drivers. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 3, p. 41-46, 1988.
- MITAL, A.; KUMAR, S. Human muscle strength definitions, measurement, and usage: Part I - Guidelines for the practitioner. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 22, p. 101 - 121, 1998.
- MITAL, A.; SANGHAVI, N. Comparison of maximum volitional torque exertion capabilities of males and females using common hand tools. **Human Factors**, v. 3, n. 28, p. 283-294, 1986.
- MONTOYE, H. J.; LAMPHIYER, D. E. Grip and arm strength in males and females, age 10 to 69. **The Research Quarterly**, v. 1, n. 48, p. 107-120, 1977.
- MORAES, A.; FRISONI, B. C. (Eds.). **Ergodesign: produtos e processos**. Rio de Janeiro: 2AB, 2001.
- MORAES, A.; MONT'ALVÃO, C. **Ergonomia conceitos e aplicações**. 2^a. ed. Rio de Janeiro: 2AB, 2000.
- MORSE, J.L; JUNG, M.C.; BASHFORD, G.R.; HALLBECK, M.S. Maximal dynamic grip force and wrist torque: the effects of gender, exertion direction, angular velocity, end wrist angle. **Applied Ergonomics**, n. 37, p. 737-742, 2006.
- MOTULSKY, H. J. **Analyzing data with graphpad prism**. San Diego: Graphpad software, 1999.

- MOURA, L. F. H. A. (Ed.). **60: artistas e arquitetos**. São Paulo: Magma Editora Cultural, 2008.
- MUNIZ, F.J.; CAMPOS, L. F. A.; SILVA, D. C.; LANUTTI, J. N. L.; PASCHOARELLI, L. C.; SILVA, J. C. P. Técnica de Biofotogrametria e Antropometria das Mãos: Acuracidade nos Estudos Ergonômicos. In: Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-tecnologia, 10., 2010, Rio de Janeiro. In: X Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: Produto, Informação, Ambiente Construído, Transporte e X Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces e Interação Humano-Computador, 2010, Rio de Janeiro. **Anais do X ERGODESIGN**, Rio de Janeiro: LEUI, 2010.
- NAGASHIMA, K.; KONZ, S. Jar lids: effect of diameter, gripping material and knurling. In: Human Factors Society - 30th Annual Meeting. **Jar lids: effect of diameter, gripping material and knurling. Proceedings of the Human Factors Society - 30th Annual Meeting, 30., 1986.**, p. 672-674, 1986.
- NAPIER, J. **A mão do homem: anatomia, função e evolução**. Rio de Janeiro: Universidade de Brasília, 1985.
- NICOLAY, C. W.; WALKER, A. L. Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. **International Journal of Industrial Ergonomics**, n. 35, p. 605-618, 2005.
- NIELSEN, J. **Usability Engineering**. Boston: Academic Press, 1993.
- NORRIS, B.; WILSON, J. R. **Designing safety into products – making ergonomics evaluation a part of the design process**. Nottingham: Institute for Occupational Ergonomics / University of Nottingham, 1997.
- PASCHOARELLI, L. C. **Design Ergonômico: Avaliação e Análise de Instrumentos Manuais na Interface Usuário X Tecnologia** [Tese de Livre Docência]. Bauru: UNESP, 2009.
- PASCHOARELLI, L.C., B.M. RAZZA, F. da S. FALCÃO, e C. do C. LUCIO. Análise das variáveis de forças de preensão digital: a contribuição da biomecânica ao design ergonômico. In: XII Congresso Brasileiro de Biomecânica, 13., 2007. **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Biomecânica**, São Paulo, 2007.
- PASCHOARELLI, L.C., B.M. RAZZA, C. do L. CARMO, e F. da S. FALCÃO. Avaliação de forças de preensão digital pulpo-lateral em universitários: influência do gênero. In: XIV Congresso Brasileiro de Ergonomia, 6., 2006. **Anais ABERGO 2006**, Curitiba, 2006a.
- PASCHOARELLI, L. C. ; LUCIO, C.C. ; RAZZA, B. M.; SILVA, J. C.P.; SILVA, D. C. Questões Éticas na Pesquisa em Design: uma Abordagem Sobre os Relatos da Produção Questões Éticas na Pesquisa em Design: uma. **Estudos em Design**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 16, 2008.


- PASCHOARELLI, L. C. **Usabilidade aplicada ao design ergonômico de transdutores de ultra-sonografia**: uma proposta metodológica para avaliação e análise do produto [Tese de Doutorado]. São Carlos: UFSCar, 2003.
- PASCHOARELLI, L. C.; GIL COURY, H. J. C. Amplitudes angulares seguras para avaliação de movimentos da extremidade do membro superior durante atividades: uma revisão. In XIII Congresso Brasileiro de Ergonomia, 13., 2004. **Anais ABERGO 2004**, Recife, 2004a.
- PASCHOARELLI, L. C.; GIL COURY, H. J. C. Aspectos ergonômicos e de usabilidade no design de pegas e empunhaduras. **Estudos em Design**, v. 1, n. 8, p. 79-101, 2000.
- PASCHOARELLI, L. C.; GIL COURY, H. J. C. Avaliação preliminar dos movimentos de punho presentes nas atividades simuladas de ultra-sonografia de mama. In: Congresso Brasileiro de Ergonomia, 2., 2002. **Anais ABERGO 2002**, Recife, 2002a.
- PASCHOARELLI, L. C.; GIL COURY, H. J. C. Identificação e mensuração de pressão durante o uso de ferramentas manuais: calibração de sensores FSRs. In: Congresso Nacional de Ergonomia e usabilidade de interfaces humano-tecnologia: produtos, informação, ambiente construído, transporte, 2., 2002. **Anais do ERGODESIGN 2002**, Rio de Janeiro, 2002b.
- PASCHOARELLI, L. C.; GIL COURY, H. J. C. O uso do FSR na avaliação de preensão de instrumentos manuais: uma alternativa metodológica para o design ergonômico de empunhaduras. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 6., 2004. **Anais do P&D DESIGN 2004**, São Paulo, 2004c.
- PASCHOARELLI, L. C.; GIL COURY, H. J. C. O uso do FSR na avaliação de preensão de instrumentos manuais: uma alternativa metodológica para o design ergonômico de empunhaduras. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 6., 2004. **Anais do P&D DESIGN 2004**, São Paulo, 2004b.
- PASCHOARELLI, L. C.; SILVA, D. C.; SOUZA, B. C. D. Percepção de desconforto e agradabilidade na manipulação de instrumentos manuais por destros e canhotos: parâmetros para o design ergonômico. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 7., 2006. **Anais do 7º P&D Design**, Curitiba, 2006b
- PEARN, J. Two early dynamometers. **Journal of Neurological Sciences**, n. 37, p. 127-134, 1978.
- PEEBLES, L.; NORRIS, B. Filling 'gaps' in strength data for design. **Applied Ergonomics**, v. 34, p. 73 - 88, 2003.
- PEEBLES, L.; NORRIS, B. J. **Strength Data for Design Safety – Phase I**. Londres: Department of Trade and Industry, 2000.
- PESTANA, M. H; GAGEIRO, J. N. **Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS**. Lisboa: Edição Silabo, 2005.

- PETERSEN, P.; PETRICK, M.; CONNOR, H.; CONKLIN, D. Grip strength and hand dominance: challenging the 10% Rule. **American Journal of Occupational Therapy**, v. 7, n. 43, p. 444-447, 1989.
- PHEASANT, S. T.; O'NEILL, D. Performance in gripping and turning – a study of hand/handle effectiveness. **Applied Ergonomics**, n. 6, p. 205-208, 1975.
- PSQF. **Programa Setorial de Qualidade de Fechaduras**. São Paulo: ABIMCON e SIAMFESP, 2010. [Relatório].
- RANTANEN, T. et al. Handgrip strength and cause-specific and total mortality in older disabled women: exploring the mechanism. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 5, n. 51, p. 636–641, 2003.
- RAZZA, B. M. **Avaliação de forças manuais em atividades funcionais cotidianas: uma abordagem ergonômica** [Dissertação de Mestrado]. Bauru: UNESP, 2007.
- B&L ENGINEERING. **Pinch Gauges**. Disponível em < <http://www.bleng.com/pinch-gauges>>. Acessado em: 20 out. 2010.
- ROEBUCK, J. A.; KROEMER, K. H. E.; THOMSON, W. G. **Engineering anthropometry methods**. New York: Wiley-Interscience, 1975.
- ROHLES, F. H.; MOLDRUP, K. L.; LAVIANA, J. E. **Opening jars: an anthropometric study of wrist-twisting strenght of children and the elderly**, Kansas, 1983.
- SANDE, L.P.; COURY, H.J.; OISHI, J.; KUMAR, S. Effect of musculoskeletal disorders on prehension strength. **Applied Ergonomics**, v. 6, n. 32, p. 609-616, 2001.
- SANDERS, M. S.; MCCORMICK, E. J. **Human factors in engineering and design**. New York: McGraw-Hill, 1993.
- SANDVIK. **Sandvik's 11-point programme**: The scientific way to develop better hand tools [catalogue]. West Midlands: Sandvik, 1997.
- SEO, N.J.; ARMSTRONG, T.J.; ASHTON-MILLER, J.A.; CHAFFIN, D. B. Wrist strength is dependent on simultaneous power grip intensity. **Ergonomics**, v. 51, n. 10, p. 1594–1605, 2008.
- SHEPHARD, F. T. A personal perspective on aging and productivity with particular reference to physically demanding work. **Ergonomics**, v. 38, n. 4, p. 617 - 636, 1995.
- SHIH, Y. C.; OU, Y. C. Influences of span and wrist posture on peak chuck pinch strength and time needed to reach peak strength. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 35: 527-536, 2005.
- SHIH, Y. C.; WANG, M. J. J. Evaluating the effects of interface factors in the torque exertion capabilities of operating handwheels. **Applied Ergonomics**, v. 5, n. 28, p. 375-382, 1997.

- SHIH, Y. C.; WANG, M. J. J. Hand/tool interface effects on human torque capacity. **International Journal of Industrial Ergonomics**, n. 18, p. 205-213, 1996.
- SHIM, J.K.; HUANG, J.; HOOKE, A.W.; LATSH, M.L.; ZATSIORSKY, V.M. Multi-digit maximum voluntary torque production on a circular object. **Ergonomics**, v. 50, n. 5, p. 660–675, 2007.
- SMITH, S. A.; NORRIS, B. J.; PEEBLES, L. **OLDER ADULTDATA— The Handbook of Measurements and Capabilities of the Older Adult—Data for Design Safety**. Londres: Department of Trade and Industry, 2000.
- SIEGEL, S.; CASTELLAN JR., N. J. **Nonparametric Statistics for the behavioral sciences**. New York: McGraw Hill, 1988.
- SOARES, M. M.; CORREA, W. F. M. Usabilidade e segurança nos produtos de consumo: um diferencial na qualidade do design. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 5., 2002, Brasília, D.F. **Anais do P&D 2002**, Rio de Janeiro: ANPED, 2002.
- SPIRDUSO, W.W.; FRANCIS, K.L; MACRAE, P.G. **Physical Dimensions of Aging**. Champaign, USA: Human Kinetics, 2005.
- STOCK.XCHNG. Disponível em: <<http://www.sxc.hu/>>. Acesso em: 15 junho 2010.
- SWAIN, A. D.; SHELTON, G. C.; RIGBY, L. V. Maximum torque for small knobs operated with and without gloves. **Ergonomics**, v. 2, n. 13, p. 201-208, 1970.
- TAMBINI, M. **O design do século**. São Paulo: Ática, 1996.
- TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1999.
- TORTORA, G. J.; GRABOWSKI, S. R. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
- VANDERVOORT, A.A. Aging of the human neuro-muscular system. **Muscle and Nerve**, n.25, p.17-25, 2002.
- VOORBIJ, A. I. M.; STEENBEKKERS, L. P. A. The composition of a graph on the decline of total strength with age based on pushing, pulling, twisting and gripping force. **Applied Ergonomics**, n. 32, p. 287-292, 2001.
- WATANABE, T.; OWASHI, K.; KANAUCHI, Y.; MURA, N.; TAKAHARA, M.; OGINO, T. The short-term reliability of grip strength measurement and the effects of posture and grip span. **Journal of Hand Surgery**, v. 3, n. 30, p. 603-60, 2004.
- YOUNG, V.L.; PIN, P.; KRAEMER, B.A.; GOULD, R.B.; NEMERGUT, L.; PELLOWSKI, M. Fluctuation in grip and pinch strength among normal subjects. **Journal of Hand Surgery**, v. 1, n. 14A, p. 125-129, 1989.
- ZAR, J.H. **Bioestatistical Analysis**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999.

APÊNDICES



APÊNDICE A

	<p>UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" FAAC - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação Departamento de Design - Laboratório de Ergonomia e Interfaces Avaliação de forças manuais em atividades simuladas com indivíduos adultos brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias: aspectos do design ergonômico</p>
<p>TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIO EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO 196/96 –CNS-MS)</p>	
<p>A pesquisa "Avaliação de forças manuais em atividades simuladas com indivíduos adultos brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias: aspectos do design ergonômico" tem como objetivo realizar uma avaliação física de forças manuais (torque) em atividades simuladas com indivíduos adultos brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias, com a finalidade de verificar se o desenho dos volantes de metais sanitários (torneiras) e das maçanetas de portas, influencia na transmissão de força e percepção de esforço pelo usuário.</p>	
<p>Nenhum dos procedimentos será invasivo e não causará nenhum desconforto ou risco à sua saúde, tendo em vista que as atividades a serem realizadas fazem parte do cotidiano da maioria das pessoas. Em caso de dúvidas, você será totalmente esclarecido pelos responsáveis da pesquisa antes e durante a realização do experimento, além da possibilidade de entrar em contato por um dos meios divulgados abaixo.</p>	
<p>Este "Termo de Consentimento Livre e Esclarecido" atende a Resolução 196/96-CNS-MS e o "Código de Deontologia do Ergonomista Certificado - Norma ERG BR 1002 - ABERGO".</p>	
<p>Eu, _____,</p>	
<p>RG _____ - SSP/ _____, estando ciente das informações acima lidas, concordo em participar da pesquisa "Avaliação de forças manuais em atividades simuladas com indivíduos adultos brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias: aspectos do design ergonômico" e entendo que as informações cedidas por mim são confidenciais, autorizando a sua divulgação no meio científico e acadêmico de forma anônima e global, tendo a minha identidade totalmente preservada. Estou ciente de que sou voluntário e, portanto, não receberei nenhum benefício por participar desta pesquisa, bem como não terei ônus algum. Tenho total liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo e sei que a minha recusa, em qualquer momento do experimento, não acarretará nenhum prejuízo para mim.</p>	
<p>Bauru, ____ de _____ de 2010.</p>	
<p>Assinatura do sujeito</p>	<p>Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli.</p>
<p>_____ Lívia Flávia de Albuquerque Campos.</p>	
<p>Lívia Flávia de Albuquerque Campos Av. Nações Unidas 53-53 Aptº 35 Bauru - SP CEP: 17033-260 Telefone: (14) 5168 1142</p>	<p>Luis Carlos Paschoarelli R. Maria José, 5-70, apto 203 Bauru - SP CEP: 17012-160 Telefones: (14) 9793 6217</p>
<p>Laboratório de Ergonomia e Interfaces Departamento de Design - FAAC - UNESP Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/nº Bauru - SP - CEP: 17033-360 Telefone: (14) 3103 6143, (14) 3103 6000</p>	

APÊNDICE B

  		UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" FAAC - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação Departamento de Design - Laboratório de Ergonomia e Interfaces Avaliação de forças manuais em atividades simuladas com indivíduos adultos brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias: aspectos do design ergonômico	
PROTOCOLO DE RECRUTAMENTO		CÓDIGO	
Identificação			
Nome completo:			
Dominância: <input type="checkbox"/> Destro <input type="checkbox"/> Canhoto <input type="checkbox"/> Ambidestro		Gênero: <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M	
Natural de:		Data de Nascimento: / /	
Curso:		Termo:	
		Período: <input type="checkbox"/> diurno <input type="checkbox"/> noturno	
Contato			
Telefone:		E-mail:	
FAX/Celular:		E-mail:	
Endereço Residencial (Opcional)			
Av./Rua:		Nº:	Compl.:
CEP:	Cidade:		Estado:
Observações			
Você realiza alguma atividade física com as mãos?		Se sim, qual? <input type="checkbox"/> Atividade esportiva (p.ex. basquete); <input type="checkbox"/> Atividade artística (p.ex. tocar violão); <input type="checkbox"/> Digitação, uso do mouse; <input type="checkbox"/> Outra: _____	
Apresenta ou apresentou no último ano algum sintoma músculo-esquelético nos membros superiores, direito e/ou esquerdo?		Se sim, qual? <input type="checkbox"/> Dor constante; <input type="checkbox"/> Restrição de movimento; <input type="checkbox"/> Formigamento ou dormência; <input type="checkbox"/> Outro: _____	
Você aceitaria participar de uma avaliação ergonômica e conhecer qual o seu potencial de forças de preensão?		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Laboratório de Ergonomia e Interfaces - DDI - FAAC - UNESP Av. Eng. Luiz Etimundo Carrizo Coube, 14-01 - Bixiru - SP - CEP, 17033-360 Telefone: (14) 3103 6143, (14) 3103 6000			






APÊNDICE C














UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
 FAAC - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
 Departamento de Desenho Industrial - Laboratório Ergonomia e Interfaces
 Avaliação de forças manuais em atividades simuladas com indivíduos adultos
 brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias: aspectos do design ergonômico






PROTOCOLO DE RIGISTRO DE FORÇA / ANTROPOMETRIA / PERCEPÇÃO DE ESFORÇO


Nome: _____

FORÇA DE MOMENTO (N.m) – MAÇANETAS				
				

ORDEM CRESCENTE DE DIFICULDADE – MAÇANETAS				
				


FORÇA DE MOMENTO (N.m) – VOLANTES				
				

ORDEM CRESCENTE DE DIFICULDADE – VOLANTES				
				

Variável	Descrição	Dimensões (mm)		
		Mão Esquerda	Mão Direita	
	DM1	Comprimento da mão		
	DM2	Comprimento palmar		
	DM3	Comprimento do polegar		
	DM4	Comprimento do indicador		
	DM5	Comprimento do médio		
	DM6	Comprimento do anelar		
	DM7	Comprimento do mínimo		
	DM8	Largura metacarpal		
	DM9	Largura Palmar		
	DC2	Peso Corporal (Kg)		
MÃO APOIADA INTEGRALMENTE NA FACE DORSAL	DC1	Estatura (m)		

Laboratório de Ergonomia e Interfaces - DDI - FAAC - UNESP
 Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Bauru - SP - CEP.: 17033-360
 Telefone: (14) 3103 6143, (14) 3103 6000

APÊNDICE D1



Bauru, 28 de maio de 2010

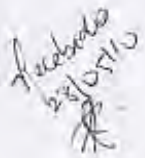

Ref. Solicitação de autorização para realização pesquisa ergonômica

Prezado Senhor

O Laboratório de Ergonomia e Interfaces da Unesp – Campus Bauru, com sede à Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01, CEP 17.033-360, vem respeitosamente solicitar autorização para realização de pesquisa ergonômica junto aos moradores desta instituição.


O estudo que se pretende realizar intitula-se "Avaliação de forças manuais em atividades simuladas com indivíduos adultos brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias: aspectos do design ergonômico"; e tem como objetivo realizar avaliação física de forças manuais (torque) em atividades simuladas com indivíduos adultos brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias, com a finalidade de verificar se o desenho dos volantes de metais sanitários (torneiras) e das maçanetas de portas, influencia a transmissão de força e percepção de esforço pelo usuário.

É importante destacar que nenhum dos procedimentos será invasivo e não causará nenhum desconforto ou risco à saúde dos participantes, tendo em vista que as atividades a serem realizadas fazem parte do cotidiano da maioria das pessoas. Todos os participantes serão completamente esclarecidos dos procedimentos que serão adotados pelos pesquisadores, antes e durante a realização dos testes. Os sujeitos que quiserem participar, de livre e espontânea vontade, terão plena e irrestrita liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo, a qualquer momento do teste, não havendo qualquer ônus por essa recusa.

Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01
Fone/Fax: 14 3103 6047
17033-360 Bauru SP
www.fabc.unesp.br

APÊNDICE D2




Os resultados obtidos terão caráter confidencial, sendo divulgado exclusivamente no meio científico e acadêmico de forma anônima e global, e a identidade dos participantes será totalmente preservada.

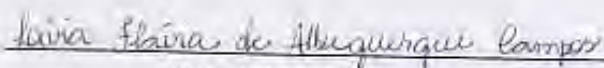
Tais dados são essenciais na pesquisa e desenvolvimento do Design Ergonômico de produtos acessíveis à população adulta e de idosos, sendo que o projeto está sendo financiado pela FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Procs. 05/59941-2 e 09/02125-0), além disso, por se tratar de estudo que envolve a participação de seres humanos, o mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Sagrado Coração (Protoc. 005/09, 20/fev/2009).

Renovamos nossos protestos de estima e respeito. Agradecemos antecipadamente o vosso atendimento.

Atenciosamente,



 Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli
 (Orientador)
































































































 Livia Flávia de Albuquerque Campos
 (Mestranda do PPGDesign – Unesp)

Ilmo(a) Sr(a).
 Luiz Minorello Neto
 Presidente da
 VILA VICENTINA - ABRIGO PARA IDOSOS

Av. Eng. Luiz Filipe de Camargo Duarte, 14-01
 Fone/Fax 14 3103 9257
 17033-900 Bauru - SP
 sig@facc.unesp.br

APÊNDICE E1






















































































































































TABELA DE RANDOMIZAÇÃO DOS VOLANTES
FEMININO – 18 a 29 anos

18 a 29 anos	♀	Seqüência aleatória dos volantes					
	F01						
	F02						
	F03						
	F04						
	F05						
	F06						
	F07						
	F08						
	F09						
	F10						
	F11						
	F12						
	F13						
	F14						
	F15						
	F16						
	F17						
	F18						
	F19						
	F20						
	F21						
	F22						
	F23						
	F24						
	F25						
	F26						
	F27						
	F28						
	F29						
F30							

Pré-teste

APÊNDICE E2

TABELA DE RANDOMIZAÇÃO DOS VOLANTES
MASCULINO – 18 a 29 anos

♂	Seqüência aleatória dos volantes					
	M01					
M02						
M03						
M04						
M05						
M06						
M07						
M08						
M09						
M10						
M11						
M12						
M13						
M14						
M15						
M16						
M17						
M18						
M19						
M20						
M21						
M22						
M23						
M24						
M25						
M26						
M27						
M28						
M29						
M30						

18 a 29 anos

Pré-teste

APÊNDICE E3

TABELA DE RANDOMIZAÇÃO DOS VOLANTES
FEMININO – 30 a 55 anos

De 30 a 55 anos	♀	Seqüência aleatória dos volantes					Pré-teste
	F01						
	F02						
	F03						
	F04						
	F05						
	F06						
	F07						
	F08						
	F09						
	F10						
	F11						
	F12						
	F13						
	F14						
	F15						
	F16						
	F17						
	F18						
	F19						
	F20						
	F21						
	F22						
	F23						
	F24						
	F25						
	F26						
	F27						
	F28						
	F29						
F30							

APÊNDICE E4

TABELA DE RANDOMIZAÇÃO DOS VOLANTES MASCULINO – 30 a 55 anos							
30 a 55 anos	♂	Seqüência aleatória dos volantes					Pré-teste
	M01						
	M02						
	M03						
	M04						
	M05						
	M06						
	M07						
	M08						
	M09						
	M10						
	M11						
	M12						
	M13						
	M14						
	M15						
	M16						
	M17						
	M18						
	M19						
	M20						
	M21						
	M22						
	M23						
	M24						
	M25						
	M26						
	M27						
	M28						
	M29						
	M30						

APÊNDICE E5

TABELA DE RANDOMIZAÇÃO DOS VOLANTES
FEMININO – Acima de 55 anos

Acima de 55 anos	♀	Seqüência aleatória dos volantes					Pré-teste
	F01						
	F02						
	F03						
	F04						
	F05						
	F06						
	F07						
	F08						
	F09						
	F10						
	F11						
	F12						
	F13						
	F14						
	F15						
	F16						
	F17						
	F18						
	F19						
	F20						
	F21						
	F22						
	F23						
	F24						
	F25						
	F26						
	F27						
	F28						
	F29						
F30							

APÊNDICE E6

TABELA DE RANDOMIZAÇÃO DOS VOLANTES
MASCULINO – Acima de 55 anos























































































































































♂	Seqüência aleatória dos volantes					
M01						
M02						
M03						
M04						
M05						
M06						
M07						
M08						
M09						
M10						
M11						
M12						
M13						
M14						
M15						
M16						
M17						
M18						
M19						
M20						
M21						
M22						
M23						
M24						
M25						
M26						
M27						
M28						
M29						
M30						

Acima de 55 anos

Pré-teste























































































































































APÊNDICE E7

TABELA DE RANDOMIZAÇÃO DOS PUXADORES
MASCULINO - 18 a 29 anos

	%	SEQÜÊNCIA ALEATÓRIA DE PUXADORES					
MASCULINO - 18 A 29 ANOS	M01						Pré-teste
	M02						
	M03						
	M04						
	M05						
	M06						
	M07						
	M08						
	M09						
	M10						
	M11A						
	M12A						
	M13A						
	M14A						
	M15A						
	M16A						
	M17A						
	M18A						
	M19A						
	M20A						
	M21A						
	M22A						
	M23A						
	M24A						
	M25A						
	M26A						
	M27A						
	M28A						
	M29A						
	M30A						

APÊNDICE E8

TABELA DE RANDOMIZAÇÃO DOS PUXADORES
MASCULINO - 30 a 55 anos























































































































































	%	SEQÜÊNCIA ALEATÓRIA DE PUXADORES					
M11							
M12							
M13							
M14							
M15							
M16							
M17							
M18							
M19							
M20							
M21B							
M22B							
M23B							
M24B							
M25B							
M26B							
M27B							
M28B							
M29B							
M30B							
M31B							
M32B							
M33B							
M34B							
M35B							
M36B							
M37B							
M38B							
M39B							
M40B							

MASCULINO - 30 A 55 ANOS

Pré-teste



































































































































APÊNDICE E9

TABELA DE RANDOMIZAÇÃO DOS PUXADORES
MASCULINO - ACIMA DE 55 ANOS

	%	SEQÜÊNCIA ALEATÓRIA DE PUXADORES					
MASCULINO - ACIMA DE 55 ANOS	M21						Pré-teste
	M22						
	M23						
	M24						
	M25						
	M26						
	M27						
	M28						
	M29						
	M30						
	M31C						
	M32C						
	M33C						
	M34C						
	M35C						
	M36C						
	M37C						
	M38C						
	M39C						
	M40C						
	M41C						
	M42C						
	M43C						
	M44C						
	M45C						
	M46C						
	M47C						
	M48C						
	M49C						
	M50C						























































































































































APÊNDICE E10

TABELA DE RANDOMIZAÇÃO DOS PUXADORES
FEMININO 18 a 29 anos

		&	SEQÜÊNCIA ALEATÓRIA DE PUXADORES					
FEMININO - 18 A 29 ANOS	F01							Pré-teste
	F02							
	F03							
	F04							
	F05							
	F06							
	F07							
	F08							
	F09							
	F10							
	F11A							
	F12A							
	F13A							
	F14A							
	F15A							
	F16A							
	F17A							
	F18A							
	F19A							
	F20A							
	F21A							
	F22A							
	F23A							
	F24A							
	F25A							
	F26A							
	F27A							
	F28A							
	F29A							
	F30A							

APÊNDICE E11

TABELA DE RANDOMIZAÇÃO DOS PUXADORES
FEMININO - 30 a 55 anos




























































































































































	&	SEQÜÊNCIA ALEATÓRIA DE PUXADORES					
	F11						
	F12						
	F13						
	F14						
	F15						
	F16						
	F17						
	F18						
	F19						
	F20						
	F21B						
	F22B						
	F23B						
	F24B						
	F25B						
	F26B						
	F27B						
	F28B						
	F29B						
	F30B						
	F31B						
	F32B						
	F33B						
	F34B						
	F35B						
	F36B						
	F37B						
	F38B						
	F39B						
	F40B						

FEMININO - 30 A 55 ANOS

Pré-teste

APÊNDICE E12

TABELA DE RANDOMIZAÇÃO DOS PUXADORES
FEMININO - ACIMA DE 55 ANOS


	&	SEQÜÊNCIA ALEATÓRIA DE PUXADORES					
							
F21							
F22							
F23							
F24							
F25							
F26							
F27							
F28							
F29							
F30							
F31C							
F32C							
F33C							
F34C							
F35C							
F36C							
F37C							
F38C							
F39C							
F40C							
F41C							
F42C							
F43C							
F44C							
F45C							
F46C							
F47C							
F48C							
F49C							
F50C							

FEMININO - ACIMA DE 55 ANOS

Pré-teste

ANEXOS

ANEXO A

<p>USC UNIVERSIDADE SAGRADO CORACAO</p>	<p>PRPPG Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação</p>
<p>COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA Protocolo n.º 005/09</p>	
<p>Título do Projeto: AVALIAÇÃO DE FORÇAS MANUAIS EM ATIVIDADES SIMULADAS COM INDIVÍDUOS ADULTOS BRASILEIRS DE DIFERENTES GÊNEROS E FAIXAS ETÁRIAS: ASPECTOS DO DESIGN ERGONÔMICO</p>	
<p>Pesquisador (a) Responsável: Luis Carlos Paschoarelli</p>	
<p>Comitê de Ética:</p> <p>O CEP analisou, baseado em parecer competente, o presente projeto e o considerou aprovado.</p>	
<p>Data: 20/2/2009</p>	
<p>Assinatura do Presidente: </p>	
<p><i>Prof. Dr. Marcos da Cunha Lopes Virmond</i></p>	

ANEXO B

Parecer Comitê de Ética - liviaflavia@gmail.com - Gmail https://mail.google.com/mail/?ui=2&ui=2#inbox

Olá! **Gmail** Agenda Web Docs mais ▾ liviaflavia@gmail.com | & | Configurações

parecer Procurar e-mail Pesquisar na web Mostrar opções de pesquisa
Outra opção

Escrever e-mail Ganhe Cupom de R\$ 100,00 - www.cupomgoogleadwords.com.br - Anuncie Grátis no Google AdWords E Faltam mais 1

Entrada (3786) [Voltar para Resultados da pesquisa](#) **Arquivar** Denunciar spam Excluir Mover para a Caixa de Entrada Marcado

Buzz (15) Mais ações

Entradas

Rascunhos (97)

Próximas 3 de 20

Nova janela

Imprimir tudo

Desativar a opç...

Linka patro...

Oportunidade de J
Alinje seu sucesso fi...
Torne-se um...
www.ericsson.com

Interâmbio Ibero
Estudo e Trabalho na...
Base em Dublin. Sup...
espanhóis e britânicos

Vagas de Emprego
As melhores oportuni...
emprego estão aqui!
Emprego Certo (UOL)

Trabalho
Cursos Inglês Empre...
Oportunidades V...
www.Marcha.com.br

Mais informações

Quero >

POE Construção, Dire...
Faculdade De Medic...
Curso De Formação

Sobre este

Procurar ou convide

Livia Albuquerque
Invisível

Você está invisível.
Fazer visível

André Meister

Janaína Camara "Vivo pe...
VicCTloR RHymE" Um...
Raniero

danieldesign2005
http://www.idanieldesign.m...

Jaisom

Mauricio Guimarães Serr...

Ronaldo Junior

Stanislaw Pussep

FraN... FraN...

Opções Adicionar contato

Convide um amigo

Enviar convite do Gmail para:

Enviar convite 85 restantes (v) Visualizar convite

Parecer Comitê de Ética entrada ▾

de **Edson Alves dos Santos** quarta-feira 4 mai Responder

<edson.santos@usc.br>

para: lopescho@faac.unesp.br, liviaflavia@gmail.com

data: 4 de maio de 2010 16:38

assunto: Parecer Comitê de Ética

enviado por: usc.br

Prezados,

Em atenção a solicitação encaminhada a este CEP, para continuidade de uma ampliação do instrumento de análise do projeto: **"Avaliação de forças manuais em atividades simuladas com indivíduos adultos brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias: aspectos do design ergonômico"** protocolo: 005/09, Informamos que após verificação da proposta, este Comitê de Ética em Pesquisa não viu impedimento ético quanto a realização da proposta, portanto aprova a solicitação encaminhada.

Atenciosamente,

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Edson Alves dos Santos - PRPPG
(14) 2107-7373
www.usc.br

Responder Responder a todos Encaminhar

[Voltar para Resultados da pesquisa](#) **Arquivar** Denunciar spam Excluir Mover para a Caixa de Entrada Marcado

Mais ações

Próximas 3 de 20

Otenga o Gmail no seu telefone. É muito rápido. Visite <http://www.google.com/intl/pt-BR/mobile/index.html> no navegador de telefone. Saiba mais

Você está usando 1396 MB (18%) de 7473 MB no momento

Última atividade da conta: 7 horas atrás neste computador. [Ver mais](#)

Gmail - Visualização: Padrão | Desativar foto-paga | Desativar buzz | Versão antiga | HTML básico | Saiba mais

©2010 Google - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#) - [Política de Privacidade do Google Buzz](#) - [Página inicial do Goo](#)

Cre: 7/7/2010 18:49

1 de 1

ANEXO C

 **FAPESP**

Processo: 2009/02125-0
 Data Impressão: 12/08/2009 15:23:51
 Folha: _____
 Volume: _____
 Rubrica: _____

Termo de Outorga
 Processo 2009/02125-0

O Conselho Técnico-Administrativo da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, doravante denominada OUTORGANTE usando das atribuições que lhe confere o Artigo 14, letra "b" da lei Estadual no 5.918, de 18 de outubro de 1980, e de acordo com as especificações, cláusulas e condições descritas a seguir e nos Anexos, que são parte integrante deste Termo, concede:	
Outorgado	Livia Flávia de Albuquerque Campos CPF: 008.480.853-83
Orientador/Supervisor	Luis Carlos Paschoarelli CPF: 145.783.138-40
Instituição	Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauri/FAAC/ UNESP
Linha de Fomento	Programas Regulares / Bolsas / No País / Mestrado
Projeto	AVALIAÇÃO DE FORÇAS MANUAIS EM ATIVIDADES SIMULADAS COM INDIVÍDUOS ADULTOS BRASILEIROS DE DIFERENTES GÊNEROS E FAIXAS ETÁRIAS: ASPECTOS DO DESIGN ERGONÔMICO
Grande Área	Ciências Sociais Aplicadas
Área	Desenho Industrial
Sub-área	Desenho de Produto
Vigência	01/08/2009 a 31/07/2011
Relatórios Científicos até	10/07/2010,10/08/2011

Observações
- Concessão improrrogável.

“Via para o bolsista”

ANEXO D

Mecmesin

CERTIFICATE OF CALIBRATION

CERTIFICATE NUMBER: **591855**

INSTRUMENT TYPE: **AFG 500N**

SERIAL NUMBER: **06-0317-07**

CUSTOMER: **Panambra Industrial E Técnica SA**
 Av. do Estado 5588
 CEP: 01518-000 Cambuci
 São Paulo
 Brazil


CUSTOMER ORDER NUMBER: **1250177**

DATE OF CALIBRATION: **29-09-06**

This is to certify that the above instrument was verified in our Calibration Laboratory using mass standards calibrated by appropriate UKAS-approved laboratories. The UKAS Certificates we hold are available for examination and these detail the traceability chain to UK National Standards. This document cannot be reproduced except in full without the written permission from Mecmesin Ltd.

The calibration systems used to assess this instrument meet the requirements of BS EN ISO 10012:2003.

UNITS OF APPLIED FORCE	INSTRUMENT READINGS	
	Newton	Compression Tension
0	0.0	0.0
100	99.7	99.8
200	199.7	199.7
300	299.5	299.5
400	399.6	399.6
500	499.5	499.7

CALIBRATED BY: 

J. Callaghan (Authorised Calibration Technician)

The expanded uncertainty of measurement associated with this calibration is declared (at $\pm 0.022\%$), and is based on the standard uncertainty multiplied by a coverage factor of $k = 2$, providing a level of confidence of approximately 95%.

GLOSSÁRIO

Desvio radial – Movimento da mão deslocando-se na horizontal no sentido do dedo mínimo (IIDA, 2005, p.127).

Desvio ulnar - Movimento da mão deslocando-se na horizontal no sentido do dedo polegar (IIDA, 2005, p.127).

Dinamômetro - Instrumento destinado a medir forças por meio da deformação causada por essas sobre um sistema elástico (FERREIRA, 2004)

Dinamômetro de Pinça – Equipamento de precisão para mensurar a força de preensão bidigital (B&L ENGINEERING, 2010).

Extensão – Movimento da mão abrindo-se (IIDA, 2005, p.127).

Flexão – Movimento da mão fechando-se (IIDA, 2005, p.127).

Pronação – Movimento de rotação da mão, com o polegar girando-se para dentro do corpo (IIDA, 2005, p.127).

Supinação – Movimento de rotação da mão, com o polegar girando-se para fora do corpo (IIDA, 2005, p.127).

Tabular – Dispor dados em formato colunar. Que tem forma de tabela (FERREIRA, 2004).

Torque – Significa “torcer” em latim pode ser facilmente identificado por uma força (F) de torcer ou virar (HALLIDAY et al., 1991).