

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA DIFERENÇA ERGONÔMICA ENTRE DINAMÔMETROS DE DIFERENTES PEGAS NA FORÇA DE PREENSÃO

Narriman Iskandar Issa (IC) e Raquel Cymrot (Orientadora)

Apoio: PIBIC Mackpesquisa

RESUMO

O estudo da Ergonomia, no que diz respeito ao desenvolvimento de produtos, tem tido cada vez mais destaque, trazendo como premissa a busca por conforto, eficiência e segurança para os usuários. Este projeto teve por objetivo avaliar a influência da diferença de ergonomia entre dinamômetros de diferentes pegas na força de preensão. Para tanto, foram realizados testes com dois modelos distintos: hidráulico e digital, podendo-se comparar os desempenhos dos 35 indivíduos pertencentes à amostra, tanto por idade quanto por gênero. Foi construído um banco de dados com as informações coletadas em seis séries de medições distintas, intercalando-se os aparelhos, com 31 repetições cada. O período no qual todas as séries de cada voluntário foram coletadas variou de duas a quatro semanas. Foram realizadas análises estatísticas para testar as diferenças entre as medidas realizadas no mesmo indivíduo pelos dois tipos de dinamômetro e para comparação do estado de fadiga alcançado nos dois cenários. Paralelamente, foram coletadas opiniões dos voluntários quanto à realização dos testes, prós e contras de cada um dos aparelhos, de modo a identificar possíveis melhorias a serem feitas em produtos de uso cotidiano que fizessem uso de preensão palmar como, por exemplo, secadores de cabelo, puxadores de móveis, andadores para idosos, bengalas, entre outros. Os resultados indicaram que há diferença nos valores de força de preensão obtidos, sendo estes maiores com o dinamômetro hidráulico para 65,7% da amostra. O estado de fadiga foi atingido de forma semelhante nos dois aparelhos.

Palavras-chave: Dinamômetro. Ergonomia. Pega de produtos.

ABSTRACT

The study of Ergonomics, specially related to the development of products, has been increasingly highlighted, bringing as a premise the search for comfort, efficiency and safety for users. The aim of this project was to evaluate the influence of ergonomics difference between dynamometers of different grips on the grip strength. For that, tests were performed with two different models: hydraulic and digital, being able to compare the performances of the 35 individuals belonging to the sample, both by age and gender. A database was constructed with the information collected in six different series of measurements, intercalating the devices, with 31 repetitions each. The period in which all the series of each volunteer were collected ranged

from two to four weeks. Statistical analyzes were performed to test the differences between the measurements performed in the same individual by the two types of dynamometer and to compare the state of fatigue achieved in the two scenarios . At the same time, the volunteer's opinions about the tests, the pros and cons of each device were collected, in order to identify possible improvements to be made to common products that used palmar grip, such as hair dryers, furniture handles, walkers for elderly, walking sticks, among others. The results indicated that there is difference in grip strength values obtained, being these larger with the hydraulic dynamometer for 65.7% of the sample. The state of fatigue was similarly reached in both devices.

Keywords: Dynamometer. Ergonomics. Productpick-up.

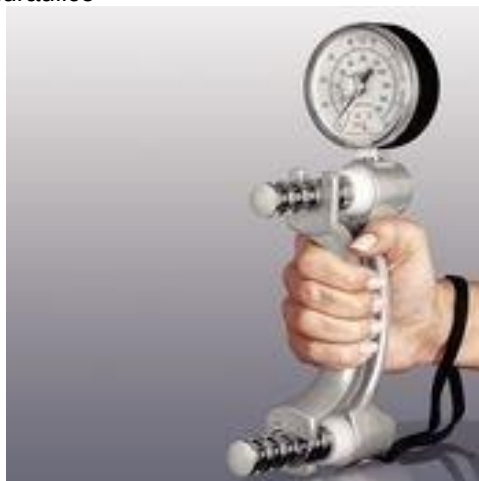
1. INTRODUÇÃO

Dinamômetro é um aparelho utilizado na mensuração da preensão manual como instrumento indicador de talento esportivo (sobretudo em modalidades que fazem uso das mãos), além de auxiliar na montagem de treinamentos específicos e na detecção de algum tipo de enfermidade ou limitação (FERNANDES; MARINS, 2011). Além disso, este equipamento é bastante utilizado na área de terapias, uma vez que a avaliação objetiva da força de preensão pode ajudar o profissional na elaboração do planejamento de tratamento, permitindo o registro de mudanças resultantes de procedimentos terapêuticos (FIGUEIREDO et al., 2007).

Existem diversos tipos de dinamômetros. Pesquisas científicas citam entre eles o dinamômetro hidráulico, reconhecido como “padrão ouro” pela *American Society of Hand Therapists (ASHT)*, pois é considerado simples e promove uma leitura rápida e direta para diversos usos (FIGUEIREDO et al., 2007), e o dinamômetro digital, que possui maior precisão.

O dinamômetro hidráulico possui duas alças paralelas (vide Fotografia 1), sendo uma delas móvel para propiciar melhor adequação para realização do teste de acordo com o tamanho da mão do usuário, podendo ser ajustado em cinco posições diferentes. Em decorrência do esforço exercido, a força é registrada em quilogramas ou libras por meio de um sistema hidráulico fechado (FIGUEIREDO et al., 2007).

Fotografia 1 – Dinamômetro hidráulico



Fonte: JLW Instruments (2017, não paginado)

O dinamômetro digital funciona de modo semelhante ao hidráulico, possuindo, entretanto, outro *design* e uma empunhadura mais emborrachada (vide Fotografia 2). Além disso, se comparado ao hidráulico, possui maior precisão, em razão de sua unidade de medida apresentar pelo menos uma casa decimal.

Fotografia 2 – Dinamômetro digital



Fonte: Rakuten Global Market (2018, não paginado)

Segundo Soares (2009), por ser a ergonomia responsável pelo oferecimento de soluções e propostas para alcance de melhorias no trabalho, cabe a ela possuir um amplo campo de atuação, que estude e aborde os mais diferentes aspectos e segmentos que fazem parte do dia a dia do ser humano, já que este é seu elemento central de estudo.

Por estar presente em grande parte dos processos que envolvem o desenvolvimento de produtos, a pega ou empunhadura destes é relevante, uma vez que sua forma e material permitem melhorias no uso e desempenho de equipamentos de acordo com as necessidades do usuário, proporcionando maior conforto, segurança e eficiência (SILVA; SILVA, 2015).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Levando-se em conta a importância da ergonomia, em especial no que diz respeito à pega de produtos, surge a questão: a empunhadura de um produto pode influenciar no seu uso cotidiano, seja pelo seu formato e/ou material?

1.2 JUSTIFICATIVA

A força de preensão manual é bastante relevante na avaliação da força muscular total. Estudos comprovaram que para idosos, existe correlação negativa e significativa entre força de preensão e idade, tanto para homens quanto para mulheres. Tal fato ocorre pelo fato de que, com o passar do tempo, a diminuição da massa muscular promove redução das fibras e células musculares, estritamente relacionadas com os testes de força muscular (MENEZES et al., 2013).

Além disso, conforto e facilidade de manuseio dependem de mais alguns fatores, como gênero, postura, lateralidade, forma do objeto, entre outros (LUCIO; PASCHOARELLI; RAZZA, 2009).

Diante da importância do uso de força manual nas mais diversas atividades presentes no dia a dia, observa-se que boa parte das causas que levam a acidentes e lesões estão relacionadas com a falta de ergonomia e de parâmetros no desenvolvimento de produtos que levem em conta a força de preensão manual (LUCIO; PASCHOARELLI; RAZZA, 2009).

No contexto atual, o desenvolvimento de produtos diferenciados vem atraindo cada vez mais a atenção, não apenas pelo aspecto inovador, mas também pela busca de conforto, segurança e eficiência, premissas, estas, da ergonomia, pois, desse modo, além de obter maior satisfação, minimizam-se os riscos de lesões e consequentes despesas futuras. Produtos produzidos de forma mais ergonômica acabam por trazer benefícios não só sociais como também econômicos.

1.3 OBJETIVO

A seguir, são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos da presente pesquisa.

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da diferença de ergonomia entre dinamômetros de diferentes pegadas na força de preensão.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Analisar a ergonomia atrelada às pegadas do dinamômetro hidráulico e digital;
- b) Verificar a similaridade dos parâmetros de registro em kgf para o dinamômetro hidráulico e digital;
- c) Avaliar, para estes dois dinamômetros, a diferença entre as perdas de força (fadiga);
- d) Identificar produtos de uso cotidiano que possuem modelos com pegadas distintas;
- e) Avaliar a importância da pega em produtos de uso cotidiano.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Sande e Coury (1998), no fim do século XX, já ressaltavam que embora existissem poucos estudos que relacionassem aspectos ergonômicos com a questão de força de preensão manual, notava-se que diante dos diferentes tipos desta, e dependendo da atividade funcional envolvida, o tipo de pega era capaz de influenciar os resultados obtidos. Um exemplo

é o estudo de Oh e Radwin (1993, apud SANDE; COURY, 1998, p. 75), que utilizou um dinamômetro que simulava uma ferramenta com formato de pistola. Concluiu-se, a partir deste estudo, que o tamanho da mão tem forte influência sobre os valores obtidos de força de preensão, força de aderência e nível de esforço e que, dependendo do tamanho da empunhadura, são obtidos valores distintos para estas grandezas, para um mesmo indivíduo.

Sabe-se que esforços musculares contínuos e intensos são responsáveis por gerar fadiga no decorrer do tempo (LUCIO; PASCHOARELLI; RAZZA, 2009). Segundo estudo realizado por Nicolay e Walker (2005, apud LUCIO; PASCHOARELLI; RAZZA, p.43), em um teste com 10 repetições, sendo mantidos 30 segundos de contração, houve queda significativa da força ao se comparar as três medidas iniciais com as três finais. Concluiu-se, desse modo, que quanto maior a força aplicada, mais rapidamente se atinge o estado de fadiga.

Sabendo-se da importância dada à força de preensão manual, alguns laboratórios procuram reproduzir interfaces encontradas em situações do cotidiano de tal forma a melhorar e desenvolver o *design* de produtos, tendo em vista a abordagem de aspectos ergonômicos. Embora se tenham desenvolvido parâmetros de forças manuais para que o *design* propicie produtos mais satisfatórios e seguros, tais parâmetros foram desenvolvidos com o uso de posições padronizadas que não correspondem às usadas quando da realização de tarefas cotidianas, não refletindo a real interação do indivíduo com o produto utilizado (RAZZA; PASCHOARELLI, 2009).

Alguns dos produtos que se utilizam da preensão palmar para uso cotidiano são: escova de cabelo, escova de dente, secador de cabelo, puxador, barbeador, alça de mala, andador, bengala, entre outros. Alguns aspectos que podem ser estudados são as relações entre torque manual, diâmetro da empunhadura, força de preensão, acabamento superficial e desenho do produto (CAMPOS, 2014).

Desenvolver produtos tomando por base a elaboração de um *design* ergonômico é essencial, tendo em vista, sobretudo, seu modo de aplicação. Estudos estão sendo realizados, principalmente, no que se refere à aplicação de forças manuais em interfaces de acionamento manual, nas mais diversas faixas etárias (CAMPOS, 2014). Mital e Kumar (1998, apud CAMPOS, 2014, p.80) afirmam que é factível projetar dispositivos de acordo com as capacidades físicas de cada um, de modo a também prevenir lesões musculoesqueléticas.

Com relação às empresas, sobretudo no que tange ao aspecto da competitividade, a busca por inovações e desenvolvimento de novas tecnologias preza não só pela melhoria da qualidade dos produtos, como também pela redução de custos de fabricação ou de economia de material (GUIMARÃES; LARA; TRINDADE, 2015), podendo priorizar a diminuição de custo em detrimento de aspectos ergonômicos.

Tomando como base a ampla diversidade de temas abordados pela Engenharia de Produção, pode-se fazer uma subdivisão desta em algumas possíveis áreas de atuação. Uma das principais diz respeito à própria Engenharia do Produto, que engloba um:

Conjunto de ferramentas e processos de projeto, planejamento, organização, decisão e execução envolvidas nas atividades estratégicas e operacionais de desenvolvimento de novos produtos, compreendendo desde a concepção até o lançamento do produto e sua retirada do mercado com a participação das diversas áreas funcionais da empresa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2008, não paginado).

A partir desta definição, compreende-se a importância da ergonomia no processo, presente em todas as suas fases, seja na gestão de desenvolvimento, no processo em si ou no planejamento e projeto do produto.

3. METODOLOGIA

Primeiramente, foi realizada uma revisão da literatura abordando os temas de ergonomia, engenharia de produto e características da preensão manual. Para tanto, foram pesquisados artigos, dissertações e teses em plataformas como o Portal da CAPES, SciELO, BIREME, Google acadêmico, entre outras.

Segundo o Estatuto da Criança e do Adolescente (BRASIL, 2015), a adolescência vai dos 12 aos 18 anos e segundo o Estatuto do Idoso (BRASIL, 2013), idoso é o indivíduo com 60 anos ou mais. Desta forma, define-se pessoa adulta como aquela compreendida na faixa dos 19 aos 59 anos.

A metodologia desta pesquisa baseou-se na comparação entre os valores de preensão manual, obtidos por um dinamômetro do tipo hidráulico (Jamar ®), cuja leitura não fornece casas decimais, e outro do tipo digital (TKK-5401), cuja leitura fornece uma casa decimal. Ambos os dinamômetros foram cedidos pelo Curso de Fisioterapia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, em empréstimo.

A amostragem definida para esta pesquisa foi por cotas, sendo a amostra composta por adultos e por idosos de ambos os sexos.

Foram convidados a participar da pesquisa indivíduos com os quais a pesquisadora tivesse contato de modo a poder realizar as seis séries de medidas em seis ocasiões distintas, caracterizando-se assim, uma amostragem de conveniência. Os critérios de exclusão da amostra englobaram: ser menor de idade, possuir dores crônicas nos membros superiores e coluna ou ter prática de atividades físicas com ênfase nos membros superiores. Para tanto, os possíveis voluntários responderam a um pequeno questionário que indagava sua idade, sexo, se sente dores crônicas nos membros superiores e coluna e se pratica atividade física

com ênfase nos membros superiores. Com base nessas respostas, uma vez não estando dentro do critério de exclusão, o possível voluntário poderia fazer parte da amostra.

Por envolver pesquisas com seres humanos, a pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa – Humanos da Universidade Presbiteriana Mackenzie por meio da Plataforma Brasil, sob o número 74863317.1.0000.0084.

O estudo contou com a participação de 35 pessoas, de ambos os sexos, sendo 28 adultos, com idades entre 20 e 57 anos e sete idosos com idade entre 60 e 71 anos. Embora os ambientes de coleta dos dados tenham variado, todos os locais eram bem iluminados, com cadeira e mesa disponíveis e propiciaram que o participante ficasse à vontade e pudesse se concentrar na tarefa a ser executada.

Uma vez aprovada a pesquisa, a coleta de dados só foi iniciada depois de explicado ao possível voluntário como as medidas com os dinamômetros seriam realizadas, seu respectivo aceite em participar da pesquisa e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para Sujeito de Pesquisa, tendo garantido seu anonimato e esclarecido que ao participar da pesquisa estaria sujeito a riscos mínimos, como sentir fadiga nas mãos.

Cada indivíduo pertencente à amostra realizou a coleta dos dados em seis ocasiões distintas, ao longo de duas a quatro semanas, para que a fadiga resultante de uma série de medidas não interferisse nas demais séries e para que fossem evitadas influências derivadas de fatores externos caso o período se prolongasse demais, como fraturas ou acidentes que envolvessem os membros superiores. Foi estabelecido que as medidas deveriam ser sempre realizadas com a mão dominante do voluntário. Foi sorteado, para cada participante da pesquisa, com qual dinamômetro este faria as medidas no primeiro dia (1ª série), sendo a partir deste dia realizadas medidas com o dinamômetro distinto ao utilizado na ocasião anterior, de forma intercalada, até a conclusão das séries.

Em cada ocasião, o voluntário fez uma série de 31 medidas seguidas, tendo como descanso, apenas, o tempo necessário para zerar o aparelho, uma vez que era desejado, também, obter o efeito da fadiga. As medições foram realizadas com apoio bipodal, com os dois pés paralelos e com distância igual à largura dos quadris e o membro superior flexionado a frente a 90°, pouco afastado do corpo, de modo a evitar possível apoio, conforme a padronização recomendada pela Sociedade Americana dos Terapeutas da Mão, seguida em todos os estudos que envolvem coleta de dados com dinamometria (PRIOSTI et al, 2013).

Com as coletas finalizadas, partiu-se para a fase das análises estatísticas, as quais tiveram duas frentes distintas: a primeira delas avaliou se as diferenças entre as pegadas dos aparelhos realmente exerciam influência sobre os valores obtidos de força de preensão

manual. A segunda avaliou se o efeito da fadiga obtido foi o mesmo para os dois dinamômetros ou se a ergonomia distinta dos aparelhos gerou fadigas médias diferentes.

Devido ao Teorema do Limite Central, todas as comparações de médias para dados pareados, bem como todos os testes de hipótese para média, com amostras de tamanho no mínimo 30, foram realizadas utilizando-se o teste t de Student (MONTGOMERY; RUNGER, 2016). Quando os tamanhos das amostras foram inferiores a 30, para comparação de médias optou-se pelo teste de Mann-Whitney (SIEGEL; CASTELLAN JR., 2008).

Para teste de independência entre duas variáveis de interesse, devido ao pequeno tamanho da amostra, realizou-se o teste de independência exato de Fisher (SIEGEL; CASTELLAN JR., 2008).

Pelo fato de ter sido usado como parâmetro em todos os testes, tem-se por definição que nível descritivo de um teste de hipótese (valor-p) é o menor nível de significância que pode ser adotado antes de se rejeitar H_0 , hipótese nula, a qual é colocada à prova (MONTGOMERY; RUNGER, 2016).

Todos os testes de hipótese foram feitos adotando-se um nível de significância de 5%, sendo assim rejeitadas as hipóteses com nível descritivo (valor-p) inferior a 0,05.

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa Minitab ® v. 17, presente nos laboratórios da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A coleta de dados da pesquisa em questão se deu no período de dezembro de 2017 a março de 2018, sendo que os testes foram realizados em um período de duas, três e quatro semanas para respectivamente 80,00%, 14,29% e 5,71% dos indivíduos pertencentes à amostra.

A proposta inicial do trabalho previa uma amostra composta por 120 indivíduos com amostragem por cotas, sendo composta da seguinte forma: 30 adultos do sexo feminino, 30 adultos do sexo masculino, 30 idosos do sexo feminino e 30 idosos do sexo masculino. O dimensionamento igual a 30 elementos por segmento foi estabelecido para que fosse possível aplicar o Teorema do Limite Central, que garante a distribuição Normal para a média em amostras com este tamanho mínimo (MONTGOMERY; RUNGER, 2016).

No entanto, ao final do processo, a amostra total foi de apenas 35 indivíduos, dentre eles: 16 adultos do sexo feminino, 12 adultos do sexo masculino, 3 idosos do sexo feminino e 4 idosos do sexo masculino. A discrepância nestes tamanhos amostrais em relação ao previsto se deveu à dificuldade em encontrar pessoas dispostas a realizarem os testes em

seis ocasiões distintas e ao fato de que muitos idosos ficavam receosos de sentirem dores agudas, mesmo sendo alertados sobre os mínimos riscos aos quais estariam sujeitos, fazendo com que a recusa nesta faixa etária em participar dos testes fosse muito superior à de adultos.

Para melhor explicação dos testes realizados, foi tomado como exemplo o voluntário 1, adulto, do sexo feminino. Neste caso, o modelo de dinamômetro sorteado para a realização da primeira série de medidas foi o digital. As cinco séries subsequentes foram realizadas em duas semanas, alternando-se sempre o tipo do aparelho. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados das três medidas realizadas pelo voluntário 1 com os dois tipos de dinamômetro, nos 31 momentos analisados (unidade em kgf)

Medida	DIGITAL (20/12/17)	HIDRÁULICO (21/12/17)	DIGITAL (25/12/17)	HIDRÁULICO (28/12/17)	DIGITAL (01/01/18)	HIDRÁULICO (03/01/18)
1	13,8	22,0	20,0	20,0	14,0	26,0
2	17,2	20,0	18,5	23,0	14,9	23,0
3	16,7	22,0	17,5	21,0	12,2	22,0
4	16,7	22,0	16,8	20,0	12,1	22,0
5	16,1	20,0	17,5	19,0	9,3	22,0
6	13,9	20,0	17,8	20,0	9,5	21,0
7	13,6	18,0	13,5	20,0	10,7	20,0
8	13,5	18,0	16,0	19,0	12,5	21,0
9	13,9	17,0	11,8	20,0	8,0	20,0
10	12,9	18,0	12,1	21,0	8,7	20,0
11	13,6	17,0	11,4	19,0	10,0	20,0
12	12,5	17,0	20,7	20,0	8,8	20,0
13	13,8	18,0	19,6	17,0	9,1	18,0
14	11,8	18,0	18,3	20,0	7,5	20,0
15	11,5	18,0	17,1	18,0	6,9	19,0
16	10,4	18,0	15,6	18,0	13,7	20,0
17	11,5	16,0	16,3	19,0	13,3	21,0
18	10,8	19,0	14,6	17,0	14,3	20,0
19	10,8	19,0	13,6	18,0	13,9	20,0
20	9,9	14,0	13,5	17,0	12,8	18,0
21	9,2	16,0	13,5	17,0	11,5	18,0
22	10,4	15,0	12,1	18,0	11,5	19,0
23	10,1	15,0	12,8	18,0	10,0	18,0
24	9,9	16,0	17,5	16,0	10,8	18,0
25	8,0	18,0	16,8	19,0	10,3	20,0
26	11,3	18,0	16,8	16,0	11,3	20,0
27	8,5	16,0	14,3	18,0	11,1	16,0
28	8,0	16,0	12,6	18,0	11,3	18,0
29	8,7	14,0	13,1	16,0	8,4	19,0
30	9,3	16,0	11,0	17,0	9,2	17,0
31	8,9	16,0	10,1	16,0	8,1	18,0

Fonte: Autoria própria (2018)

A seguir, foram calculadas as 31 medianas, tanto para o modelo hidráulico quanto para o digital. Por exemplo, para o voluntário 1, a mediana 1 para o modelo digital, igual a 14,0, é o valor central das três medidas obtidas nas séries realizadas com o dinamômetro digital no momento 1, a saber: 13,8, 20,0 e 14,0. Este mesmo processo de cálculo foi realizado com as demais medidas coletadas de todos os voluntários. Em sequência, foram calculadas as diferenças, para cada indivíduo e momento, entre as medianas das medidas obtidas com os

dinamômetros digital e hidráulico. Como exemplo, a Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para o voluntário 1.

Tabela 2 – Medianas do voluntário 1 para as três medidas com o dinamômetro digital e hidráulico e sua respectiva diferença, nos 31 momentos analisados (unidade em kgf)

Mediana	Mediana Digital (D)	Mediana Hidráulico (H)	Diferença (D-H)
1	14,0	22,0	-8,0
2	17,2	23,0	-5,8
3	16,7	22,0	-5,3
4	16,7	22,0	-5,3
5	16,1	20,0	-3,9
6	13,9	20,0	-6,1
7	13,5	20,0	-6,5
8	13,5	19,0	-5,5
9	11,8	20,0	-8,2
10	12,1	20,0	-7,9
11	11,4	19,0	-7,6
12	12,5	20,0	-7,5
13	13,8	18,0	-4,2
14	11,8	20,0	-8,2
15	11,5	18,0	-6,5
16	13,7	18,0	-4,3
17	13,3	19,0	-5,7
18	14,3	19,0	-4,7
19	13,6	19,0	-5,4
20	12,8	17,0	-4,2
21	11,5	17,0	-5,5
22	11,5	18,0	-6,5
23	10,1	18,0	-7,9
24	10,8	16,0	-5,2
25	10,3	19,0	-8,7
26	11,3	18,0	-6,7
27	11,1	16,0	-4,9
28	11,3	18,0	-6,7
29	8,7	16,0	-7,3
30	9,3	17,0	-7,7
31	8,9	16,0	-7,1

Fonte: Autoria própria (2018)

A fim de testar, para cada voluntário, se não houve diferença significativa entre as médias das medianas das forças de prensão quando utilizados os dois tipos de dinamômetro, foi realizado um teste t de Student para dados pareados. A Tabela 3 apresenta, para cada voluntário, o nível descritivo do teste (valor-p) e a resposta para a pergunta se a média da mediana foi maior utilizando-se o dinamômetro hidráulico. Ressalta-se que no caso

do valor-p ser menor que 0,05, a resposta “Não” a esta pergunta significa que a média da mediana foi superior utilizando-se o dinamômetro digital.

Tabela 3 – Sexo, Faixa Etária, valor descritivo do teste de igualdade para as médias das forças de preensão medianas com os dois dinamômetros e resposta à indagação se o valor médio da força de preensão mediana foi maior quando do uso do dinamômetro hidráulico (unidade em kgf)

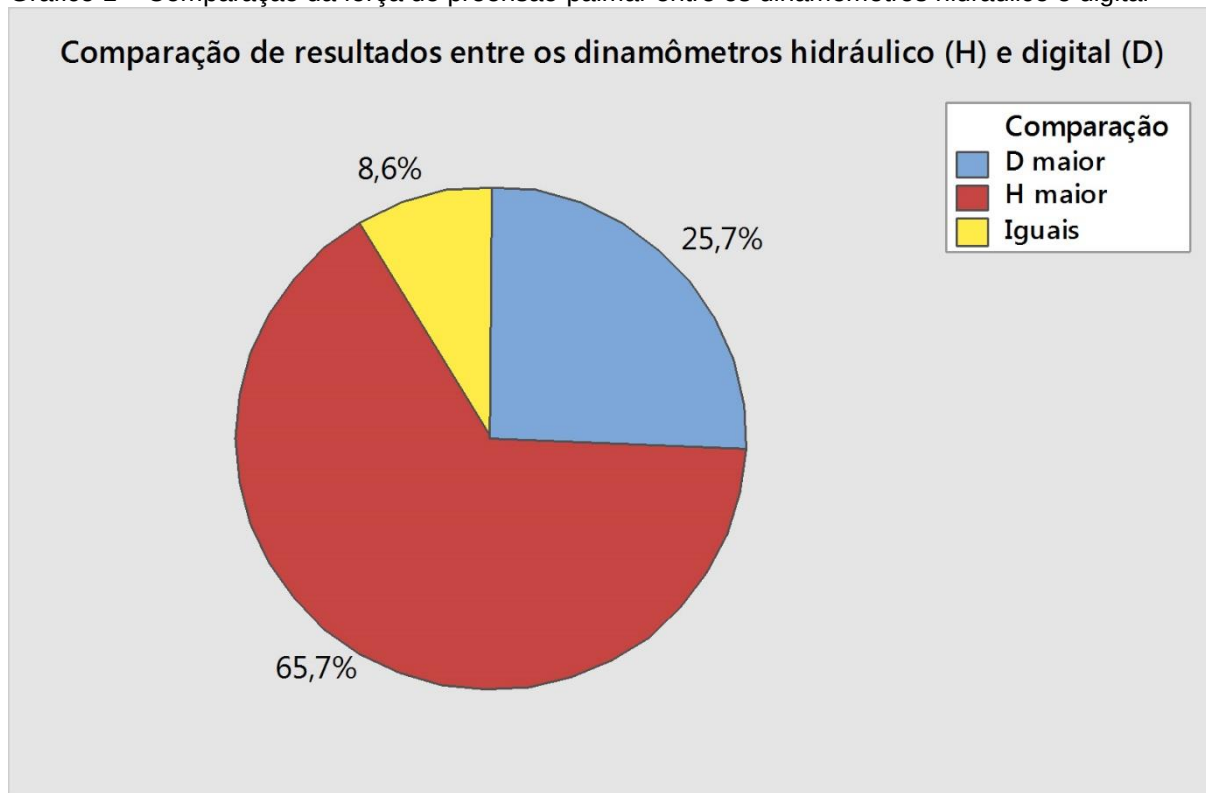
Voluntário	Sexo	Faixa etária	Valor-p	Hidr. >?
1	F	Adulto	0,000	Sim
2	F	Adulto	0,000	Não
3	F	Adulto	0,084	–
4	F	Adulto	0,000	Sim
5	F	Adulto	0,000	Sim
6	F	Adulto	0,000	Sim
7	F	Adulto	0,000	Sim
8	F	Adulto	0,000	Sim
9	F	Adulto	0,028	Sim
10	F	Adulto	0,000	Não
11	F	Adulto	0,000	Sim
12	F	Adulto	0,000	Sim
13	F	Adulto	0,000	Sim
14	F	Adulto	0,000	Não
15	F	Adulto	0,000	Não
16	F	Adulto	0,000	Sim
1	M	Adulto	0,000	Sim
2	M	Adulto	0,000	Sim
3	M	Adulto	0,000	Sim
4	M	Adulto	0,000	Sim
5	M	Adulto	0,000	Sim
6	M	Adulto	0,001	Não
7	M	Adulto	0,000	Sim
8	M	Adulto	0,075	–
9	M	Adulto	0,000	Não
10	M	Adulto	0,000	Sim
11	M	Adulto	0,000	Sim
12	M	Adulto	0,000	Sim
1	F	Idoso	0,000	Não
2	F	Idoso	0,000	Não
3	F	Idoso	0,000	Sim
1	M	Idoso	0,000	Sim
2	M	Idoso	0,443	–
3	M	Idoso	0,000	Sim
4	M	Idoso	0,000	Não

Fonte: Autoria própria (2018)

Não foram rejeitadas as hipóteses de independência entre tipo do dinamômetro com maior média na força de preensão mediana e as variáveis sexo ($p = 0,694$) e faixa etária ($p = 0,314$), concluindo-se que proporcionalmente o número de voluntários com maior média de preensão com o dinamômetro hidráulico foi igual tanto nos sexos masculino e feminino, como nas faixas etárias adulto e idoso.

As proporções de voluntários com média da força de preensão mediana superior quando do uso do dinamômetro hidráulico, igual para os dois dinamômetros e superior quando do uso do dinamômetro digital foram respectivamente iguais a 65,7%, 8,6% e 25,7%, conforme apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Comparação da força de preensão palmar entre os dinamômetros hidráulico e digital



Fonte: Autoria própria (2018)

Para verificar a fadiga, analisou-se a perda de força de duas formas. Para cada indivíduo calculou-se a diferença da força de preensão inicial e final, conforme Equação 1, e a taxa de mudança ocorrida, conforme a Equação 2:

$$\text{Força de preensão final} - \text{Força de preensão inicial} \quad (1)$$

$$\frac{(\text{Força de preensão final} - \text{Força de preensão inicial})}{\text{Força de preensão inicial}} \quad (2)$$

A força de preensão inicial foi definida como a mediana da segunda, terceira e quarta medida e a força de preensão final foi definida como a mediana da antepenúltima, penúltima e última medida. A exclusão da primeira mediana se deu como medida de precaução, pois para cerca de 70% dos voluntários, no processo de conhecimento do aparelho, houve valores discrepantes na primeira medida. Exemplificando, novamente com o voluntário 1 e retomando-se a Tabela 2, excluiu-se a mediana 1 e tomou-se para análise as medianas 2, 3 e 4 e, depois, as medianas 29, 30 e 31. Para essas duas frentes de análise, foi determinado

o valor central inicial e final iguais a respectivamente 16,7 e 8,9. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para os 35 voluntários.

Tabela 4 – Mediana da força de preensão inicial, final, diferença entre elas, taxa de mudança para os dois tipos de dinamômetro e diferença destas taxas para os 35 participantes da pesquisa (unidade em kgf)

DIGITAL					HIDRÁULICO					Diferença das Taxas de Mud. D - H
Indivíduo	Início	Fim	(Fim - Início)	Taxa de Mudança	Indivíduo	Início	Fim	(Fim - Início)	Taxa de Mudança	
1	16,70	8,90	-7,80	-0,4671	1	22,00	16,00	-6,00	-0,2727	-0,1943
2	28,50	21,80	-6,70	-0,2351	2	22,00	18,00	-4,00	-0,1818	-0,0533
3	21,20	15,00	-6,20	-0,2925	3	18,00	16,00	-2,00	-0,1111	-0,1813
4	27,50	17,10	-10,40	-0,3782	4	28,00	21,00	-7,00	-0,2500	-0,1282
5	12,80	5,90	-6,90	-0,5391	5	17,00	9,00	-8,00	-0,4706	-0,0685
6	11,20	9,30	-1,90	-0,1696	6	12,00	13,00	1,00	0,0833	-0,2530
7	16,00	10,60	-5,40	-0,3375	7	21,00	10,00	-11,00	-0,5238	0,1863
8	19,70	15,90	-3,80	-0,1929	8	28,00	16,00	-12,00	-0,4286	0,2357
9	15,30	10,20	-5,10	-0,3333	9	15,00	11,00	-4,00	-0,2667	-0,0667
10	22,40	17,20	-5,20	-0,2321	10	26,00	19,00	-7,00	-0,2692	0,0371
11	19,00	17,20	-1,80	-0,0947	11	23,00	18,00	-5,00	-0,2174	0,1227
12	20,80	10,80	-10,00	-0,4808	12	24,00	17,00	-7,00	-0,2917	-0,1891
13	10,70	8,90	-1,80	-0,1682	13	18,00	10,00	-8,00	-0,4444	0,2762
14	24,40	13,20	-11,20	-0,4590	14	24,00	7,00	-17,00	-0,7083	0,2493
15	12,80	12,50	-0,30	-0,0234	15	16,00	19,00	3,00	0,1875	-0,2109
16	17,80	15,60	-2,20	-0,1236	16	21,00	18,00	-3,00	-0,1429	0,0193
17	27,60	23,40	-4,20	-0,1522	17	25,00	29,00	4,00	0,1600	-0,3122
18	22,10	19,40	-2,70	-0,1222	18	28,00	22,00	-6,00	-0,2143	0,0921
19	22,80	20,30	-2,50	-0,1096	19	30,00	23,00	-7,00	-0,2333	0,1237
20	30,20	27,00	-3,20	-0,1060	20	39,00	32,00	-7,00	-0,1795	0,0735
21	41,20	35,50	-5,70	-0,1383	21	38,00	32,00	-6,00	-0,1579	0,0195
22	45,60	36,70	-8,90	-0,1952	22	50,00	38,00	-12,00	-0,2400	0,0448
23	27,00	22,00	-5,00	-0,1852	23	30,00	20,00	-10,00	-0,3333	0,1481
24	29,30	23,20	-6,10	-0,2082	24	26,00	20,00	-6,00	-0,2308	0,0226
25	22,80	20,20	-2,60	-0,1140	25	30,00	22,00	-8,00	-0,2667	0,1526
26	30,00	21,50	-8,50	-0,2833	26	34,00	26,00	-8,00	-0,2353	-0,0480
27	31,40	23,50	-7,90	-0,2516	27	35,00	26,00	-9,00	-0,2571	0,0056
28	47,10	35,30	-11,80	-0,2505	28	60,00	46,00	-14,00	-0,2333	-0,0172
29	18,70	10,50	-8,20	-0,4385	29	18,00	16,00	-2,00	-0,1111	-0,3274
30	28,90	28,30	-0,60	-0,0208	30	31,00	29,00	-2,00	-0,0645	0,0438
31	19,90	15,10	-4,80	-0,2412	31	28,00	21,00	-7,00	-0,2500	0,0088
32	28,90	16,10	-12,80	-0,4429	32	28,00	13,00	-15,00	-0,5357	0,0928
33	20,30	12,90	-7,40	-0,3645	33	18,00	11,00	-7,00	-0,3889	0,0244
34	20,40	17,90	-2,50	-0,1225	34	21,00	16,00	-5,00	-0,2381	0,1155
35	17,80	10,60	-7,20	-0,4045	35	21,00	16,00	-5,00	-0,2381	-0,1664

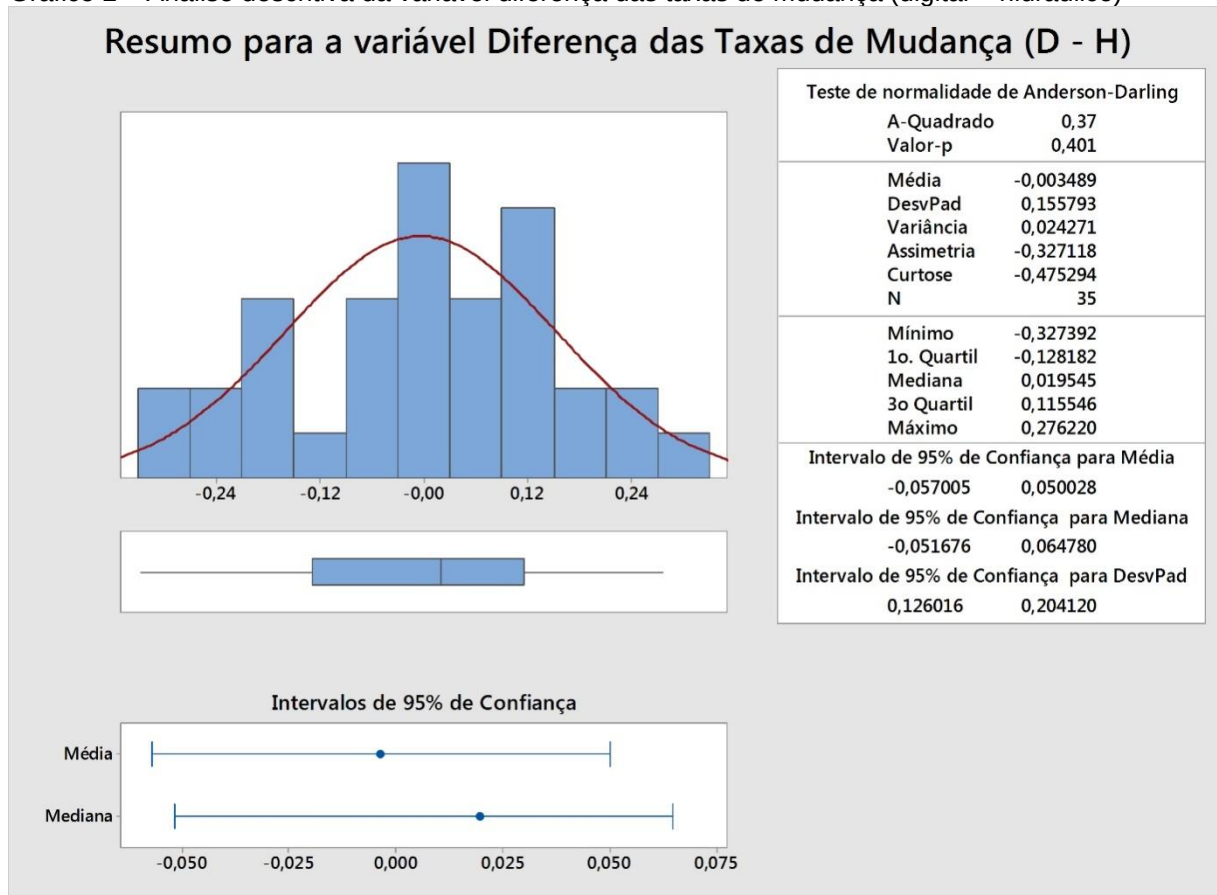
Fonte: Autoria própria (2018)

Ambos os aparelhos despertaram um estado de fadiga ao longo do tempo, tomando como base tanto a diferença das medidas (valor-p = 0,000 para os dois dinamômetros) quanto pela taxa de mudança (valor-p = 0,000 para os dois dinamômetros). O teste utilizado foi um teste t de Student para hipótese de diferença ou taxa de mudança no mínimo zero contra a hipótese alternativa de ser inferior a zero.

Como a taxa de variação é adimensional, utilizou-se esta variável para fazer a comparação entre os tipos de dinamômetro, utilizando-se para isto um teste t de Student com hipótese nula de igualdade das taxas de mudança. A hipótese nula não foi rejeitada ($p = 0,895$), sendo as taxas médias de mudança respectivamente iguais a $-0,2480$ e $-0,2445$

para os dinamômetros digital e hidráulico. Desta forma concluiu-se que o nível médio de fadiga despertado por ambos os aparelhos é semelhante. O Gráfico 2 apresenta uma análise descritiva da variável diferença das taxas de mudança, apresentando inclusive intervalos com 95% de confiança para média e mediana, no qual se verifica ser tal diferença, em termos práticos, desprezível.

Gráfico 2 – Análise descritiva da variável diferença das taxas de mudança (digital – hidráulico)



Fonte: Autoria própria (2018)

Para testar se a média das taxas de mudança foram iguais por gênero e por faixa etária, tanto para o dinamômetro digital quanto para o hidráulico, utilizou-se o teste de Mann-Whitney, sendo todas as hipóteses de igualdade comprovadas. Para comparação entre sexos e entre faixa etária no dinamômetro digital obteve-se, respectivamente os níveis descritivos $p = 0,1012$ e $p = 0,4213$. Para comparação entre sexos e entre faixa etária no dinamômetro hidráulico obteve-se, respectivamente os níveis descritivos $p = 0,1543$ e $p = 0,9507$.

Durante a coleta dos dados anotou-se os comentários realizados pelos voluntários com relação a cada uma das empunhaduras com as quais realizaram os testes, para que, reunindo seus prós e contras, fosse possível tirar alguns *insights* referentes à ergonomia de produtos e sugestões de melhorias, visando assegurar maior conforto para os usuários.

Em relação ao dinamômetro hidráulico, os principais pontos levantados foram que, em razão da melhor distribuição do peso pelo corpo do aparelho, era mais fácil manuseá-lo quando comparado ao dinamômetro digital, que possuía a maior parcela de seu peso projetada na parte frontal do aparelho.

Quanto aos materiais das empunhaduras, no entanto, os prós foram voltados para o modelo digital, pelo fato de ser emborrachado e evitar que pessoas com sudorese aguda tirassem as mãos da posição adequada em razão da derrapagem, o que não acontecia com o modelo hidráulico, visto que sua superfície metalizada acabava por ser mais escorregadia. Esta conclusão mostra a relevância de serem desenvolvidos produtos que garantam a aderência das mãos ao produto manipulado.

Um último ponto mencionado fazia referência ao momento em que a força era aplicada: enquanto no digital é possível sentir o deslocamento da alça, o hidráulico praticamente não se mexe, gerando dúvidas nos voluntários se realmente o teste estava sendo realizado corretamente, se deveriam aplicar mais força ou se o aparelho apresentava algum problema.

Como evidenciado pelos comentários, ambos os aparelhos apresentaram prós e contras, ou seja, nenhum dos modelos foi meticulosamente projetado para gerar o conforto dos usuários.

Produtos de uso cotidiano, como puxadores de gaveta, bengalas, andadores, frascos de cosméticos, produtos de limpeza, entre outros, também se enquadram nesta questão de possuírem diferentes pegas.

Em lojas de mobília, por exemplo, é muito comum encontrar mostruários de puxadores de gaveta ou de armários, dos mais simples aos mais robustos. Mas a preocupação com o *design* às vezes é colocada acima da possibilidade de oferecer facilidade de manuseio, não recebendo a devida atenção. Puxadores de cristal, quando não bem lapidados ou segurados da maneira correta, podem ocasionar possíveis cortes; puxadores com formatos distintos, que não se encaixam corretamente nas mãos, podem causar desconforto quando manuseados. A ideia de um modelo simples, que não escorregue, leve e de fácil encaixe deveria ser o ponto de partida para, depois, sofrer adaptações de modo a contemplar um *design* específico.

Quando se fala em produtos voltados para pessoas com necessidades especiais ou direcionados para idosos, como bengalas e andadores, a situação se torna ainda mais crítica. Se o desenho não for bem pensado, podem ser acarretados graves acidentes e, até mesmo, colocar a vida do usuário em risco.

Levando-se em consideração a opinião dos participantes dessa pesquisa, tem-se uma ideia inicial do que deveria ser considerado no desenvolvimento de um produto desse gênero.

Pegas mais emborrachadas, desenhadas de forma adaptada ao encaixe das mãos, de forma leve, são os primeiros passos a serem seguidos quando do desenvolvimento destes produtos.

Desse modo, pensando a longo prazo, uma preocupação maior com o consumidor deve aumentar a chance de manutenção de uma parceria fiel dos clientes, pois uma empresa que se preocupa com a segurança e bem-estar dos usuários de seu produto, propiciando uma redução de possíveis lesões e desconfortos, tende a ser bem vista no mercado consumidor.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa realizada, concluiu-se que existe influência da diferença de ergonomia entre dinamômetros de diferentes pegas na força de preensão, visto que houve diferença nos valores médios da força de preensão manual obtidos quando comparados os dois aparelhos.

O dinamômetro hidráulico, de peso mais uniformemente distribuído, apresentou os maiores valores para a mediana da força de preensão palmar para 65,7% da amostra, podendo indicar que tal distribuição de peso facilita o uso do produto. Por outro lado, o dinamômetro digital, mesmo aparentando ser mais pesado pelo fato de o peso do seu corpo estar concentrado na parte frontal do aparelho, possuía uma empunhadura emborrachada, que trouxe maior conforto para os usuários realizarem os testes sem correr o risco de derrapagem.

Em termos da perda de força, ambos demonstraram causar fadiga em proporções semelhantes, tendo havido quedas significantes entre os valores iniciais e finais obtidos.

Sendo a ergonomia uma área que se preocupa com o bem-estar e oferecimento das melhores condições aos usuários, é importante destacar as melhores opções de inovações. A opinião dos participantes da pesquisa indicou pontos a serem pensados, implementados ou melhorados, desde a gestão de desenvolvimento até o planejamento e projeto do produto em si. Questões como *design* e material foram os mais destacados.

A maior limitação da presente pesquisa foi falta de adesão dos indivíduos necessários para compor a amostra pretendida. Por ser a amostra não probabilística e de tamanho reduzido, esta pesquisa deve ser encarada como uma pesquisa exploratória. Entretanto, seus resultados foram pautados em uma análise estatística realizada com dados pareados, o que torna os resultados significantes para cada indivíduo pesquisado.

Mesmo sendo o dinamômetro de aplicação específica, sobretudo em treinamentos esportivos e medição de aptidão física, a ideia de que empunhaduras diferentes e de materiais distintos podem acarretar diferenças significativas no seu uso indica a necessidade de novas

pesquisas para que produtos de uso mais cotidiano sejam desenvolvidos com distribuição de peso, material e tipo de pega específicos, buscando atender, cada vez mais, às necessidades dos usuários.

6. AGRADECIMENTO

Para a realização de tal trabalho acadêmico, dedica-se um agradecimento especial à professora Silvana Maria Blascovi-Assis pelo apoio a esta pesquisa, oferecendo instruções e acompanhamento quanto à realização dos testes e auxiliando na disponibilidade dos dinamômetros pertencentes ao Curso de Fisioterapia da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ABEPRO. *Áreas e Sub-áreas da Engenharia de Produção*. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<https://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>>. Acesso em: 5 mar. 2017.

BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, *Lei nº 8.069*, de 13 de julho de 1990. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8069.htm>. Acesso em: 30 mar. 2017.

BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, *Lei nº 10.741*, de 1º de outubro de 2003. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.741.htm>. Acesso em: 30 mar. 2017.

CAMPOS, L. F. A. *Usabilidade, percepção estética e força de preensão manual: influência no design ergonômico de instrumentos manuais – um estudo com tesouras de poda*. Tese (Doutorado em Design) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2014. Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_5d6587916f1f87ff7b727ac2afac3428>. Acesso em: 30 mar. 2017.

FERNANDES, A. A.; MARINS, J. C. B. Teste de força de preensão manual: análise metodológica e dados normativos em atletas, *Fisioter. Mov.*, Curitiba, v. 24, n. 3, p. 567-578, jul./set. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-51502011000300021>. Acesso em: 12 dez. 2016.

FIGUEIREDO, I. M. et al. Teste de força de preensão utilizando o dinamômetro Jamar, *Acta Fisiatr*, 2007; v. 14, n. 2, p. 104 – 110. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=536607&indexSearch=ID>>. Acesso em: 30 mar. 2017.

GUIMARÃES, M. R. N.; LARA, F. F.; TRINDADE, R. O. P. A relação entre a estratégia de produção e a prática da inovação tecnológica: um estudo em uma empresa produtora de alumínio, *Rev. Adm. Mackenzie*, Edição Especial, p. 109-135, maio/jun. 2015. Disponível

em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-69712015000300109&lang=pt>. Acesso em: 23 jul. 2018.

JLW INSTRUMENTS. *JAMAR Hydraulic Hand Dynamometer*. Chicago, 2017. Disponível em: <<http://www.jlwinstruments.com/index.php/products/products-library/hydraulic-hand-dynamometer/?parentx=brand&parent0=1366>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

LUCIO, C. C.; PASCHOARELLI, L. C.; RAZZA, B. M. Forças manuais e o design de produtos: uma revisão, *Revista Tecnológica*, v. 18, p. 37-52, 2009. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/8371>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

MENEZES, T. N. et al. Força de preensão manual e flexibilidade e suas relações com variáveis antropométricas em idosos, *Rev. Assoc. Med. Bras.* 2013; n. 59, v. 2, p.128–135. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-42302013000200011>. Acesso em: 30 mar. 2017.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

RAKUTEN GLOBAL MARKET, *Takei equipment industrial T.K.K.5401 grip - D digital hand grip gauge*, Tóquio, 2018. Disponível em: <https://global.rakuten.com/en/store/sports-diary/item/ybn-tkk5401/?l-id=rgm_item_en_rvp_widget>. Acesso em: 07 jul. 2018.

PRIOSTI, P. A. et al. Força de preensão e destreza manual na criança com Síndrome de Down. *Fisioter. Pesq.*, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 278-285, set. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/fp/v20n3/13.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2018.

RAZZA, M. M.; PASCHOARELLI, L. C. Avaliação de forças de preensão digital: parâmetros para o design ergonômico de produtos. In: PASCHOARELLI, L. C.; MENEZES, M. S.. *Design e ergonomia: aspectos tecnológicos*, p. 73 -96, [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. Disponível em: <<http://static.scielo.org/scielobooks/yjxnr/pdf/paschoarelli-9788579830013.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2017.

SANDE, L.A.P.; COURY; H.J.C.G. Aspectos biomecânicos e ergonômicos associados ao movimento de preensão: uma revisão, *Rev. Fisioter. Univ.* São Paulo, v. 5, n. 2, p. 71-82, jul. /dez. 1998. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/fpusp/article/view/77288>>. Acesso em: 30 mar. 2017.

SIEGEL, S.; CASTELLAN JR., N. J. *Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento*. Métodos de Pesquisa. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006, reimpressão 2008.

SILVA, J. C. P.; SILVA, J. C. R. P. A importância da ergonomia para a concepção de equipamentos fotográficos profissionais, *Ergotrip Design*, v. 1, n.1, p. 190 – 197, 2015. Disponível em: <<http://revistas.ua.pt/index.php/ergotripdesign/article/view/4338>>. Acesso em: 30 mar. 2017.

SOARES, M. Ergonomia: soluções e propostas para um trabalho melhor, *Revista Produção*, v. 19, n. 3, Editorial, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132009000300001>. Acesso em: 30 mar. 2017.

Contatos: narri_issa@hotmail.com e raquel.cymrot@mackenzie.br