

A influência das características das tampas de rosca na transmissão de força pelo usuário: um estudo com garrafas para água

The influence of screw cap characteristics on user force transmission: a study with water bottles

CAMPOS, Livia Flávia de Albuquerque; Dra. em Design; UFMA.

livia.albuquerque@ufma.br

VIEIRA, Aline da Silva; Graduada em Design; UFMA.

dasilva.vieiraline@gmail.com

PEREIRA, Daniele Cristina dos Santos; Graduada em Design; UFMA.

danysantospereira13@gmail.com

CAMPOS, Nathalia Luiza de Carvalho; Graduada em Design; UFMA.

nathalia Luizacarvalho@gmail.com

Parâmetros para o desenvolvimento de embalagens podem ajudar a reduzir o número de acidentes domésticos relacionados à manipulação de diversos produtos de uso cotidiano, que muitas vezes exigem que o indivíduo disponha de força excessiva, uso de ferramentas ou de ajuda de terceiros para usufruí-los. A situação torna-se ainda mais preocupante quando se trata de usuários com reduzida força manual. Pelos motivos expostos, este trabalho buscou realizar uma avaliação da Força de Preensão Manual (FPM) através de atividades simuladas, com participantes jovens, adultos e idosos de ambos os sexos, a fim de avaliar a influência das características das tampas de rosca de garrafas para água, na FPM. Esta pesquisa contou com a participação de 144 voluntários em uma de suas fases e os resultados apontaram para recomendações para o projeto adequado de tampas de rosca circulares.

Palavras-chave: Preensão manual; Manejo; Design.

Parameters for the development of packaging can help to reduce the number of domestic accidents related to the handling of various products of daily use, which often require the individual to have excessive force, use of tools or help from third parties to enjoy them. The situation becomes even more worrying when it comes to users with reduced manual strength. For the above reasons, this work sought to carry out an evaluation of the Hand Grip Strength (HGS) through simulated activities, with young, adult and elderly participants of both sexes, in order to evaluate the influence of the characteristics of screw caps on bottles for water, in FPM. This research had the participation of 144 volunteers in one of its phases and the results pointed to recommendations for the proper design of circular screw caps.

Keywords: Handgrip, Handling, Design.

1 Introdução

Algumas embalagens, principalmente as de alimentos e bebidas que envolvem fechamento por tampas rosqueáveis, exigem a aplicação de força excessiva para abri-las, o que muitas vezes causa ferimentos, desperdício do produto além de frustrar o usuário que pode dispor de pouca força. Outras vezes diante de uma embalagem difícil de abrir o indivíduo recorre ao uso de ferramentas impróprias para auxiliar na abertura, o que pode ocasionar sérias lesões (BONFIM, 2014; SILVA, 2012).

Embalagens quando abertas conforme indicação de uso não devem causar qualquer tipo de lesão ao usuário, sob pena de responsabilização do fornecedor ou fabricante. Por isso, elas devem trazer indicações de como realizar o processo de sua abertura levando em consideração que o usuário nem sempre estará acompanhado durante a manipulação do produto ou da embalagem (CARVALHO, 2008).

Nas garrafas de água mineral com tampas de rosca percebe-se uma preocupação com a manutenção da qualidade e integridade do produto, sobretudo nos dispositivos de abertura e fechamento das garrafas, no entanto, há pouca ou nenhuma preocupação com a forma como o usuário irá abrir estas embalagens. Silva (2012, p.18) fez uma importante consideração sobre as tampas e dispositivos de aberturas e fechamentos, dizendo que “entre os fatores mais preocupantes estão os esforços extremos, como os exigidos por alguns vidros de conserva e, possivelmente, algumas garrafas de bebidas”.

Dependendo do tipo de embalagem o sistema de fechamento pode ser fator essencial para a segurança do usuário, por isso suas características são definidas a partir do produto que contém. Por exemplo, tampas de embalagens de bebidas carbonatadas devem ser resistentes o bastante para reter a pressão interna das embalagens; certos medicamentos que podem causar intoxicação em crianças exigem tampas de segurança com mecanismos que dificultem a sua abertura por elas (BASTOS, 2006; DAHROUJ, 2009).

Percebe-se então que quando se busca desenvolver uma embalagem que permita ao usuário interagir satisfatória e eficientemente, os dispositivos de abertura e fechamento e as tampas são componentes que merecem uma atenção especial. Mestriner (2002, p. 86) aponta que “em sua evolução, a indústria de embalagem sempre enfrentou o desafio de solucionar a questão da abertura e do fechamento do produto, sendo esta ainda uma de suas principais preocupações”.

Daí a necessidade de estudos que contemplem os sistemas de abertura e fechamento de embalagens, para que estas não se preocupem apenas com a segurança dos produtos, mas também com questões que busquem identificar as principais limitações dos usuários e garantir a sua segurança e conforto durante a realização de suas atividades.

Quanto às forças manuais necessárias para acionamento destas interfaces, para Sanders e McCormick (1993) dentre as muitas características individuais que podem afetar a força, o sexo apresenta-se como uma das maiores diferenças em valores médios. O sexo feminino gera forças de aproximadamente dois terços (67%) da força do 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).

Outro fator de influência nas forças manuais é a idade, já que 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 (MONTROYE; LAMPHIYER, 1977; MATHIOWETZ et al., 1986; VOORBIJ; STEENBEKKERS, 2001).

Para as embalagens com tampa de rosca, a força manual para exercer o torque torna-se essencial para o sucesso da atividade de sua abertura, o que por outro lado compromete consideravelmente o desempenho da atividade quando o usuário dispõe de pouca força manual, como mulheres e idosos (SILVA, 2012).

Diante disso, o objetivo desse estudo é verificar a influência das características das tampas de rosca cilíndrica na transmissão de força pelo usuário, a fim de contribuir para o desenvolvimento de tampas adequadas ao uso.

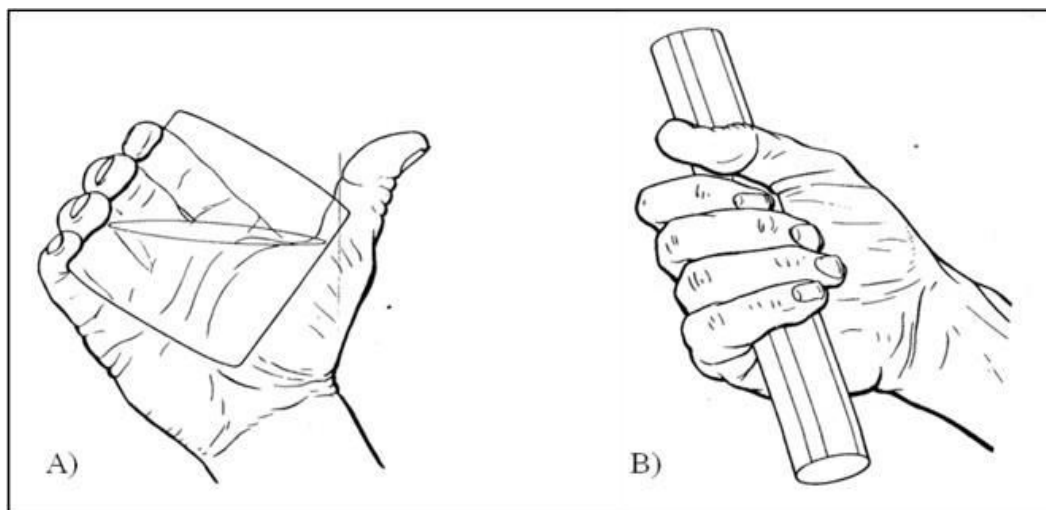
2 A preensão manual e o manejo

A mão humana é dotada de grande riqueza funcional que lhe proporciona uma variedade de possibilidades de posições, movimentos e ações. Ela consiste em uma ferramenta complexa, completa e capaz de realizar vários movimentos que são essenciais para a realização das atividades do cotidiano (FERREIRA, 2011; KAPANDJI, 2000).

A sua função principal é a preensão (capacidade de agarrar, segurar algo), que varia de acordo com a intensidade e interface de contato e pode ser utilizada tanto em atividades que exijam força quanto naquelas que necessitam de mais precisão (FERREIRA, 2011; KAPANDJI, 2000).

A preensão (ou pinça) pode ser realizada devido ao posicionamento de oposição do dedo polegar em relação aos demais dedos, que permite à mão executar variadas possibilidades de movimentos, ações e posições. As preensões propriamente ditas podem ser preensões digitais, palmares e centradas. A preensão palmar é o movimento realizado pela ação dos dedos e da palma da mão. Varia quanto à participação ou não do polegar, classificando-se como preensão palmar com toda a mão (A) ou preensão digital-palmar (B) (KAPANDJI, 2000) (Figura 1).

Figura 1 - Preensão palmar: A) Preensão com a mão toda; B) Preensão digito-palmar.



Fonte: Kapandji (2000)

Cada tipo de preensão possui níveis de aplicações de forças diferentes, por exemplo, a força exercida em uma empunhadura na qual se utiliza preensão palmar pode ser até quatro vezes superior à força realizada apenas com os dedos (KROEMER; GRANDJEAN, 2005).

Buscando compreender a relação entre a aplicação de força das mãos e a usabilidade das interfaces, estudos como os de (SILVA, 2012; BONFIM, 2014; SILVA, INOKUTI E PASCHOARELLI, 2012; FERREIRA et al., 2011; HANTEN, 1999; DAHROUJ, 2009; FERNANDES, 2011) utilizaram equipamentos para mensurar a força de preensão manual (FPM) aplicada em várias superfícies.

Os testes de forças de preensão manual (FPM) utilizando dinamômetros são considerados de grande ajuda para avaliação de força pelo fato de serem relativamente de simples aplicação e de não exigirem dos sujeitos grandes esforços físicos, podendo ser realizados com pessoas de diversas faixas etárias (SILVA et al, 2013; RAZZA, 2007; IIDA; GUIMARÃES, 2016).

Fernandes et al (2011) estudaram a correlação entre força de preensão manual e variáveis antropométricas da mão de jovens adultos, utilizando paquímetro (para aferir as medidas lineares) e a fita métrica (para as de circunferências). As medidas de força de preensão foram realizadas por meio de um dinamômetro hidráulico. Ao todo, participaram da pesquisa 73 pessoas de ambos os sexos. A análise dos resultados constatou que há correspondências entre a força e os valores antropométricos nas medidas das mãos. O estudo concluiu que a maior medida transversal e o maior trofismo (capacidade da fibra muscular de se contrair ou não) da mão masculina corroboram para a maior aplicação de força; nas mulheres a força está relacionada ao maior comprimento longitudinal das mãos.

Bonfim (2014) usou a força de preensão manual em um estudo para avaliar a usabilidade de embalagens com tampa de segurança, no qual foi coletada a preensão de torque (com o auxílio de um dinamômetro digital e do transdutor de torque) realizada na abertura de embalagens de enxaguantes bucais com tampas de segurança com sistema de abertura do tipo aperte e gire. O teste foi realizado com 67 participantes de várias faixas etárias e os resultados mostraram que o design da tampa influenciou significativamente no processo de abertura. A embalagem considerada mais fácil de abrir pelos sujeitos foi a que apresentou tampa com maiores dimensões e ranhuras (ou estrias), que aumentaram o atrito entre a tampa e os dedos aumentando a aplicação de força na superfície da tampa.

Segundo Lida e Guimarães (2016) o importante para o desenvolvimento de uma boa pega é compreender a relação entre o seu desenho e as mãos dos usuários e traçar estratégias para evitar ou minimizar os traumas físicos gerados nas atividades. Entender a relação mão/pega é essencial para o estudo de fatores subjetivos como o conforto e desconforto percebidos durante o uso, que também influenciam no sucesso da tarefa.

O estudo das pegas é abordado por Kroemer e Grandjean (2005) que os classificam como controles. Os controles podem ser divididos em dois amplos grupos: controles que necessitam de pouca aplicação de força, que podem ser acionados apenas com os dedos (botões, interruptores, pequenas, manivelas, etc.); e controles que precisam de maior aplicação de força, exigem o uso de músculos dos braços e das pernas em seu acionamento (rodas, pedais, manivelas, alavancas, volantes).

Lida e Guimarães (2016) explicam que os manejos podem ser classificados de duas formas: manejo fino e manejo grosseiro. O fino é utilizado em tarefas de maior precisão, há predomínio das pontas dos dedos na execução dos movimentos. O grosseiro é executado prioritariamente com as palmas das mãos. O uso de uma forma ou outra de manejo é influenciado pelo desenho da pega.

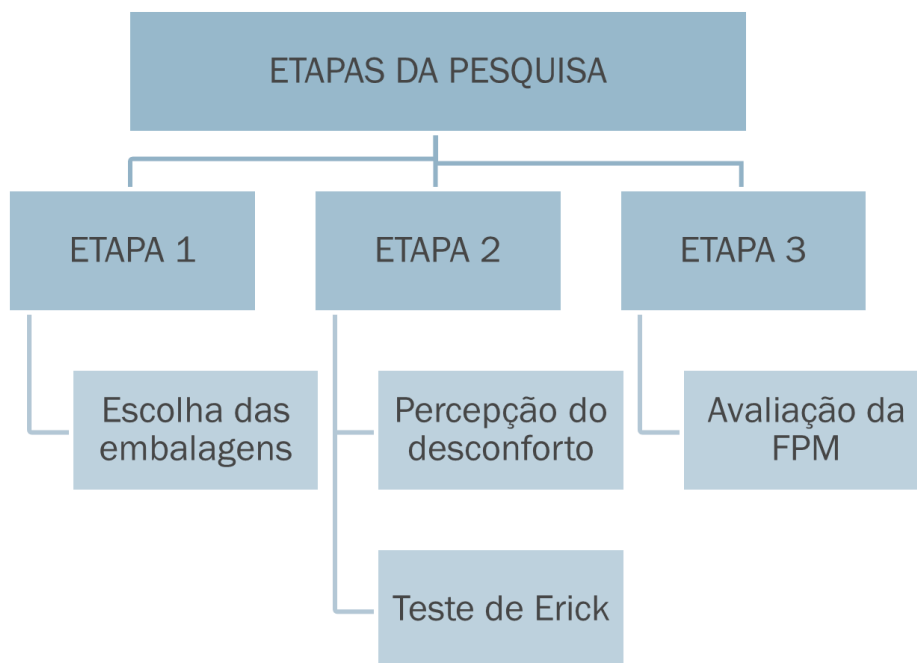
Assim, verifica-se a importância do estudo adequado do tamanho e forma da pega para garantia de um manejo adequado, confortável, eficiente e que garanta a segurança da conservação do produto e do usuário.

3 Materiais e Métodos

3.1 Etapas e procedimentos

O estudo foi desenvolvido em três etapas, conforme apresenta a Figura 2.

Figura 2 - Etapas da pesquisa.



Fonte: As autoras.

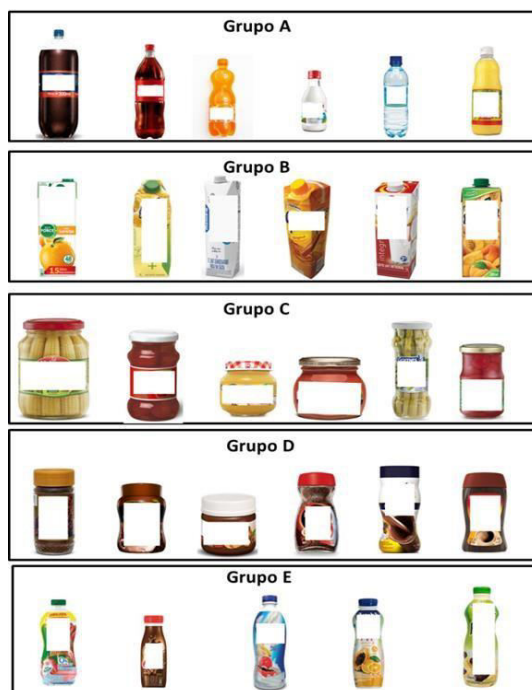
3.1.1 Etapa 1 – Escolha das embalagens

Na primeira etapa foram realizados estudos visando a definição do grupo de embalagens que seria priorizado. Nesta fase inicial da pesquisa, levando em consideração a relação entre a percepção de conforto e o design das embalagens com tampas de rosca, buscou-se identificar quais embalagens os usuários consideravam mais difíceis de abrir. Para isso elaborou-se um questionário que possibilitou também traçar o perfil dos usuários que mais têm dificuldades com o manuseio de embalagens com tampa de rosca, identificando ainda o grau de dificuldade encontrado por estes. Tais informações serviram como norteadoras das próximas etapas da pesquisa que envolveu simulação de uso do produto com o público-alvo.

Foi feita uma coleta de dados em sites e em supermercados locais a fim de selecionar as embalagens disponíveis no cotidiano com tampa de rosca. Selecionaram-se as embalagens alimentícias em virtude de sua maior disponibilidade e variedade. De posse das informações os produtos foram selecionados e distribuídos em categorias de acordo com o seu conteúdo. Definiu-se 12 categorias: achocolatado, água, água de coco, café solúvel, comida para bebês, condimentos, conservas, doces, laticínios, leite de coco, refrigerantes, sucos. Percebeu-se que haviam produtos semelhantes de marcas diferentes, mas que possuíam embalagens parecidas; optou-se então por selecionar apenas um exemplar de cada uma dessas embalagens.

Em seguida as embalagens passaram por um novo processo de organização, dessa vez elas foram classificadas em cinco grupos diferentes que receberam as seguintes denominações: A, B, C, D e E. A classificação foi feita levando-se em consideração a semelhança e material das tampas de todas as embalagens. Usando-se esse critério, produtos alimentícios diferentes passaram a pertencer ao mesmo grupo (Figura 3).

Figura 3 - Classificação das embalagens em grupos



Fonte: As autoras.

Após a catalogação elaborou-se um questionário online, para averiguar a relação das pessoas com as embalagens com tampa de rosca. Nesta pesquisa o link para o questionário foi enviado aos participantes por meio de e-mail e de redes sociais.

A primeira seção do questionário continha o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (em atendimento a resolução 196/96 - CNS-MS). A segunda seção do questionário solicitava os dados pessoais dos participantes (nome, faixa etária, escolaridade, etc.). Na terceira seção, o participante deveria responder perguntas relacionadas com sua experiência de uso de embalagens com tampas de rosca, informando, por exemplo, se já passou por alguma dificuldade com embalagens de tampa de rosca; em caso positivo deveria indicar com qual dos grupos de embalagens se deu a dificuldade e qual o grau de dificuldade encontrada.

Para graduação do nível de dificuldade foi utilizada a escala de Likert. A escala foi numerada de 1 a 5, no qual 1 correspondia a “Muito fácil de abrir” e 5 correspondia a “Muito difícil de abrir”, o participante deveria atribuir um número a cada grupo. O questionário contou com 170 respostas e não houve calculo amostral e a definição deste quantitativo foi definido considerando a disponibilidade dos participantes no período de realização da coleta de dados.

Na primeira etapa os dados gerados pelo questionário online foram transferidos para o software Microsoft Excel no qual foi possível analisar através de estatística descritiva a porcentagem de respostas dadas a cada questionamento e relacioná-lo com os objetivos deste estudo.

3.1.2 Etapa 2 – Percepção de desconforto e Teste de Erick

Na segunda etapa realizaram-se dois testes para verificar como ocorria a interação entre usuário e o produto. O primeiro teste foi a avaliação do Desconforto Percebido Local (DPL) (SILVA, INOKUTI E PASCHOARELLI, 2012) e o segundo foi o Teste de Erick (IIDA; GUIMARÃES, 2016).

Os resultados da primeira etapa e algumas limitações da pesquisa orientaram o desenvolvimento desta etapa para as embalagens do grupo A. Assim, a partir das informações obtidas na primeira etapa da pesquisa, realizou-se um levantamento de embalagens a serem avaliadas. Para isto fez-se uma coleta de dados nas principais lojas físicas da cidade à procura dos mais variados modelos de embalagens para água mineral com as capacidades de 250 ml a 500 ml. Foram catalogadas 21 garrafas de água. Foram selecionadas 5 garrafas de água, considerando os diferentes dimensionamentos e características, para entender qual a influência destas diferentes tampas na abertura de embalagens já que os corpos das embalagens não se diferenciavam significativamente (Figura 4).

Figura 4 - Embalagens selecionadas para a segunda etapa.



Fonte: As autoras.

Na avaliação do Desconforto Percebido Local (DPL) o objetivo foi avaliar a percepção de desconforto considerando as diferentes tampas. O sucesso na tarefa foi uma variável controlada, ou seja, nenhum dos sujeitos deveria conseguir abrir as embalagens, mas esforçar-se para tal. Para isto, as tampas das embalagens foram fixadas com cola permanente. Após a realização da simulação de uso o participante marcava no protocolo de DPL (SILVA, INOKUTI E PASCHOARELLI, 2012) o local do desconforto e em seguida indica o nível do desconforto em uma escala que variava de 1 a 5, sendo 1 “algum desconforto” e 5 “extremamente desconfortável”.

Participaram desta etapa, 30 participantes, sendo 15 homens e 15 mulheres, não houve calculo amostral e a definição destes quantitativos foi definido considerando a disponibilidade dos participantes no período de realização da coleta de dados.

Na segunda etapa a análise dos dados dos questionários iniciou-se com a tabulação dos dados no Microsoft Excel e posterior análise através de estatística descritiva. A fim de analisar as regiões onde cada indivíduo indicou desconforto a região palmar foi mapeada e dividida em trinta e três (33) partes de (A-Z), segundo critérios anatômicos e de interface, como propôs Silva, Inokuti e Paschoarelli (2012). A análise do DPL é feita sobrepondo-se os pontos marcados para uma única representação e somando-se os pontos acumulados de desconforto, tendo como resultado o nível de DPL.

Para analisar a área de contato das mãos do usuário com a pega das garrafas foi utilizado o Teste de Erick. A tampa das embalagens foi pintada de cores diferentes para facilitar a

identificação das imagens obtidas. Participaram do estudo dois voluntários, um do sexo feminino, com comprimento da mão próximo ao percentil 5%; e um do sexo masculino, com comprimento da mão próximo ao percentil 95% (HENRY DREYFUSS ASSOCIATE, 2005) (Quadro 1).

Quadro 1 - Medidas antropométricas do comprimento da mão dos participantes do teste de ERICK

Dimensão (cm)	Mão		HENRY DREYFUSS ASSOCIATE (2005)
	Esquerda	Mão Direita	
Comprimento da mão (P95 Masculino)	21	21,1	21,3
Comprimento da mão (P5 Feminino)	15,6	15,9	15,2

Fonte: As autoras.

O teste compreendeu os seguintes procedimentos: o usuário deveria pegar uma garrafa por vez e simular a sua abertura. Ao entrar em contato com a tinta ainda fresca, o voluntário manchava as mãos com a tinta. Em seguida, foi solicitado a ele que pressionasse as suas mãos sobre uma folha de papel A4 limpa, identificada com o número da garrafa que estava sendo utilizada e com o percentil do sujeito que realizava o teste; a mão era então contornada com caneta.

Para o estudo do Teste de Erick a análise foi feita no Sketchup, software CAD que opera em um ambiente bi e tridimensional, no qual foi calculada a área formada pela mancha da tinta deixada no papel e comparou-se com a área total da mão. Quanto maior o tamanho da área deixada maior o contato das mãos dos usuários com as embalagens. Os dados foram lançados no Microsoft Excel® gerando gráficos com as áreas das mãos de cada um dos percentis para facilitar a visualização e compreensão dos resultados.

3.1.3 Etapa 3 – Avaliação da Força de Preensão Manual (FPM).

Na terceira etapa foram realizados os testes avaliação da FPM. Os testes foram realizados individualmente. O participante deveria ler o TCLE e preencher o Protocolo de Recrutamento e Identificação. Em seguida, a embalagem era apresentada ao sujeito; informava-se que na parte interna da embalagem havia um transdutor de torque e que as tampas não seriam abertas, mas que ele deveria realizar a tarefa como se fosse abrir a garrafa aplicando o máximo de força e utilizando a mão dominante (Figura 6).

Figura 6 - Voluntária realizando teste de FPM.



Fonte: As autoras.

O indivíduo ficava na posição sentada para facilitar a manutenção da postura fixa. Após o teste era dado um descanso mínimo de 30 segundos ou até que o voluntário se sentisse capaz de realizar o teste com a próxima tampa. A ordem de uso das tampas foi determinada por sorteio randômico.

Na terceira etapa 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): $n = [z\alpha/2 \cdot \delta / E]^2$. 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 sexos e idade acima dos 16 anos –, encontrando-se a amplitude de 5,29 Nm e, consequentemente, $\delta = 1,3225$ 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 24.

Desta forma, foram avaliados 24 (vinte e quatro) participantes de cada grupo, a saber: de 18 a 29 anos (24♂ e 24♀); de 30 a 55 anos (24♂ e 24♀); e acima de 55 anos (24♂ e 24♀). 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 (HANTEN et al., 1999; VOORBIJ; STEENBEKKERS, 2001).

3.2 Materiais

Para esta pesquisa foram utilizados os seguintes equipamentos: Dinamômetro Digital AFG Advanced Force Gauge - AFG 500N - Mecmesin Ltd., UK), capacidade máxima de 500N, precisão de 0,1%; Transdutor de torque estático (Static Torque Transducer - STT - Mecmesin Ltd., UK) Modelo ST 100-872-003, com capacidade máxima de 100 N.m, precisão 0,1%, utilizado para mensurar a força de torque manual durante a atividade de simulação de abertura das embalagens (Figura 7).

Figura 7 - (À esquerda) Dinamômetro digital (AFG 500). (À direita) Transdutor de torque móvel (STT).



Fonte: As autoras.

Para a coleta de dados uma garrafa de água mineral com tampa de rosca foi utilizada. A embalagem escolhida foi a de 250 ml, pois devido às suas dimensões possibilitou o bom encaixe do transdutor de torque. Para permitir o acoplamento do transdutor de torque (STS) foi necessário remover o fundo e parte da região rosqueável onde se encaixavam as tampas, a parte interna da embalagem foi pintada com tinta spray para que o transdutor não fosse visualizado durante o teste. Foi colocado um cano PVC, de 9 cm, que serviu como canal para o transdutor de torque (STS) e o espaço entre o cano e embalagem foi preenchido com espuma expansível de poliuretano. Acoplou-se então o transdutor de torque pela parte inferior da embalagem, usando-se um parafuso para deixá-lo fixo durante a aplicação do teste (Figura 8).





Figura 7 - (À esquerda) Dinamômetro digital (AFG 500). (À direita) Transdutor de torque móvel



Fonte: As autoras.

Para análise foram selecionadas 4 tampas, os critérios para seleção das tampas foram a diferença na altura e na textura da superfície e o resultado da segunda etapa (Quadro 2).

Quadro 2 - Tampas selecionadas para terceira etapa.

Tampas		Altura da tampa(mm)	Diâmetro da tampa (mm)
Tampa 13	 Apresentou ranhuras diferenciadas	12	23
Tampa 15	 Maior LPD no testes de percepção de Desconforto da Segunda etapa.	8	29
Tampa 02	 Permitiu maior área de contato para o percentil 05 no Teste de Erick.	11	30
Tampa 14	 Permitiu maior área de contato para o percentil 95 no Teste de Erick.	14	30

Fonte: As autoras

A parte interna das tampas foi preenchida com massa plástica para sustentar os soquetes metálicos (Figura 9) que se encaixaram no transdutor de torque, conforme Bonfim (2014) e Silva (2012).

Figura 9 - Adaptação das tampas para acoplamento no transdutor de torque.



Fonte: As autoras

Na terceira etapa, para análise, os dados coletados foram inseridos no Microsoft Excel no qual foram obtidos as médias e os desvios-padrão para as forças de torque e idades de cada faixa etária. A partir desses dados iniciais foram gerados gráficos com desvios que foram comparados entre as faixas etárias e os gêneros de cada faixa etária. Em seguida, os dados foram transferidos para o software STATISTICA para realizar testes estatísticos.

Para verificar a condição de normalidade, os valores de força de obtidos pelo gênero masculino e feminino em cada faixa etária foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk. Se o teste indicasse que o valor de “p” fosse maior que 0,05 ($p > 0,05$) nos dois dados comparados, comprovava-se a hipótese de normalidade e utilizavam-se em seguida testes paramétricos. Caso o valor de “p” fosse menor que 0,05 ($p < 0,05$), era comprovada a condição de não normalidade, então se utilizava um dos testes não paramétricos. Para as amostras nas quais o teste Shapiro-Wilk indicou condição de normalidade usou-se o teste ANOVA. Nas amostras que apresentaram não normalidade usou-se o teste Mann-Whitney, Friedman.

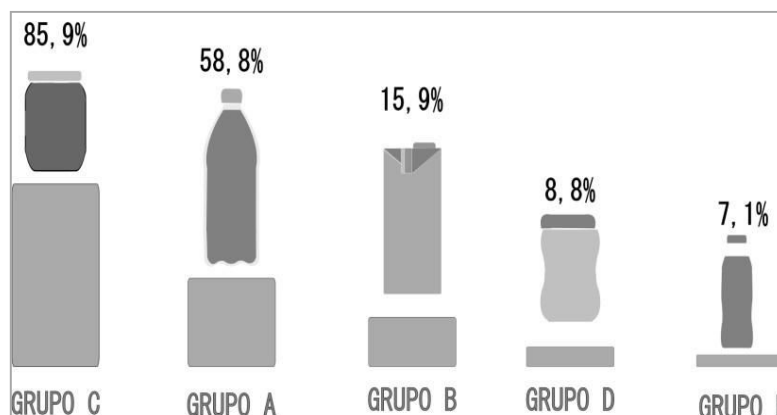
3.3 Resultados e discussões

3.3.1 Etapa 1: Questionário online

Na primeira etapa participaram 170 voluntários, 65,9% declararam-se do gênero feminino e 34,3% do gênero masculino. Além disso, a maioria pertencia à faixa etária de 18 a 24 anos (42,9%) e 25 a 35 (36,5%).

Através da análise das respostas do questionário percebeu-se a relevância do tema, pois dos 170 participantes 97,6% afirmaram já ter tido dificuldade em abrir embalagens com tampa de rosca. Os participantes deveriam indicar com qual (is) do (s) grupos apresentados já havia (m) sentido alguma dificuldade durante a atividade de abertura das embalagens. Dos grupos apresentados no questionário online, o Grupo C foi apontado como o que gerou maior dificuldade de abertura (85,9%), seguido do Grupo A (58,8%), Grupo B (15,9%), Grupo D (8,8%) e Grupo E (7,1%) (Figura 10). Uma minoria (1,8%) afirmou nunca ter sentido dificuldades de abertura com nenhum dos grupos apresentados.

Figura 10 - Classificação por dificuldade de abertura.



Fonte: As autoras.

Quando solicitado aos participantes que classificassem cada grupo de embalagens de acordo com o grau de dificuldade em abri-los, em uma escala que variava de 1(Muito fácil de abrir) a 5 (Muito difícil de abrir), o Grupo C (embalagens de conserva) foi classificado por 51,2% dos participantes como “muito difícil de abrir” e por 26,5% como “Difícil de abrir”; foram os maiores índices observados para esses dois níveis de dificuldade.

O Grupo A (embalagens de refrigerantes, água, suco fabricados em materiais de vidro e pet, com tampas plásticas) também obteve pontuações significativas quanto à dificuldade de abertura: 17,6% a classificaram como “Muito difícil de abrir” e 30% como “Difícil de abrir”.

O grupo D foi apontado por 44,7% das pessoas, como “Muito fácil de abrir”. São embalagens cujas tampas não apresentam lacre de segurança e tem uma maior área de contato se comparado com os demais grupos estudados, são características que podem ter contribuído para a boa classificação do grupo.

O grupo E (produtos lácteos) obteve 47,6% dos votos o classificando como “Muito fácil de abrir”, são embalagens com tampas e corpos plásticos, as tampas possuem algumas ranhuras ou estrias, estudos posteriores podem auxiliar a identificar se quais as características destas embalagens influenciam no bom desempenho na atividade de sua abertura.

Embora os resultados tenham mostrado o Grupo C, sabe-se que parte desta dificuldade é em decorrência da pressão necessária para conservação do alimento. Estudos podem ser realizados a fim de desenvolver produtos que auxiliem a abertura dessas embalagens. Escolheu-se para as próximas etapas deste estudo embalagens do Grupo A, que ficaram em segundo lugar quanto ao grau de dificuldade de abertura. Para este estudo selecionaram-se as embalagens pet para água mineral. Outro ponto a se considerar é o fato das embalagens de água mineral permitirem maior adaptabilidade aos equipamentos de medição de torque manual sem sofrerem deformações devido às propriedades do seu material de fabricação.

3.3.2 Etapa 2: Percepção de desconforto e Teste de Erick

A segunda etapa contou com 30 participantes, sendo 15 homens (média da idade 24,3 anos e desvio padrão 5,1 anos) e 15 mulheres (média da idade 23,3 anos e desvio padrão 7,2 anos).

Quanto à pergunta: “Você já teve alguma dificuldade ao abrir embalagens de garrafa pet de água mineral?”, 60% dos voluntários afirmaram já terem sentido dificuldade em abrir as embalagens. Sobre o possível constrangimento na abertura de embalagens de garrafa pet de água mineral 73,3% das mulheres afirmaram já terem passado por constrangimento e apenas 20% dos homens afirmaram já ter sofrido constrangimentos ao manipular as embalagens.

Embora não houvesse local para especificação do tipo de constrangimento, as participantes relataram que frequentemente necessitam de ajuda de terceiros na abertura das embalagens.

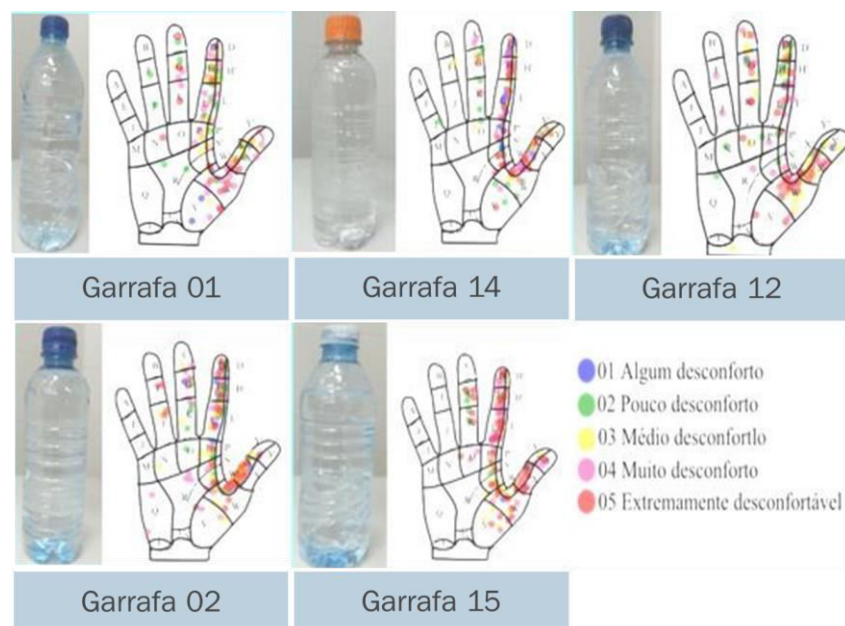
Os voluntários foram questionados sobre possíveis traumas físicos obtidos enquanto abriram embalagens de garrafa de água mineral. Como resposta 66,7% das mulheres afirmaram já ter sofrido algum trauma físico. No grupo masculino apenas 20% dos voluntários responderam afirmativamente a essa pergunta.

Comparando os resultados dos entrevistados do gênero masculino e do gênero feminino, é possível perceber que as mulheres possuem maior dificuldade em abrir as embalagens de garrafa de água mineral.

Assim como quando comparada aos homens, já sofreram bem mais constrangimentos e traumas físicos ao realizarem tal tarefa. Tais resultados estão fortemente relacionados às capacidades biomecânicas que distinguem estes dois grupos de indivíduos, já que, quanto às forças manuais, o gênero apresenta-se como uma das maiores diferenças em valores médios (SANDERS; McCORMICK, 1993).

Quanto ao desconforto percebido, os resultados da avaliação de DPL são apresentados na Figura 11.

Figura 11 - Resultados da avaliação de DPL.



Fonte: As autoras

Dentre os principais resultados destaca-se que a garrafa 01 teve a menor ocorrência de regiões apontadas como extremamente desconfortável, que se distribuíram nas regiões C, G, K, X, X", W, com alguns pontos isolados em N, H. Regiões apontadas com muito desconforto e médio desconforto se concentraram nas superfícies X, W, W", S, S", L, L", H, H", D; com alguns pontos isolados na em V, G. O resultado do somatório do DPL que indica o nível do desconforto foi 328.

Já a garrafa com a maior incidência de desconforto foi a garrafa 15, as regiões apontadas como muito desconfortáveis foram indicadas de forma distribuída, nas superfícies palmares das regiões Y, Y", X, X", D, H, L, L", G, K, V, W. Regiões apontadas com médio desconforto e muito

desconfortáveis se concentraram nas superfícies palmares D, D", H, H", L, L", X, X", Y, Y" houve também a ocorrência de pontos próximos a S, W e pontos isolados em O, P. Resultado, DPL igual a 424.

Os resultados do Teste de Erick apresentaram que a área total da mão direita do percentil 05 foi 110,79 cm². Quanto à área de contato das tampas, a Tampa 02 apresentou maior área de contato para o percentil 5, manchando 21% da área total das mãos. A menor área de contato foi com a Tampa 15 cuja mancha ocupou aproximadamente 8% da área total das mãos.

A área total da mão direita do percentil 95 foi 172,48 cm. Comparando-se a área das manchas de tinta deixadas pelo contato com cada uma das tampas com a área total, a tampa da garrafa 14 foi a que possibilitou maior área de contato 9% e a tampa 15 a que proporcionou menor área de contato, cerca de 1%.

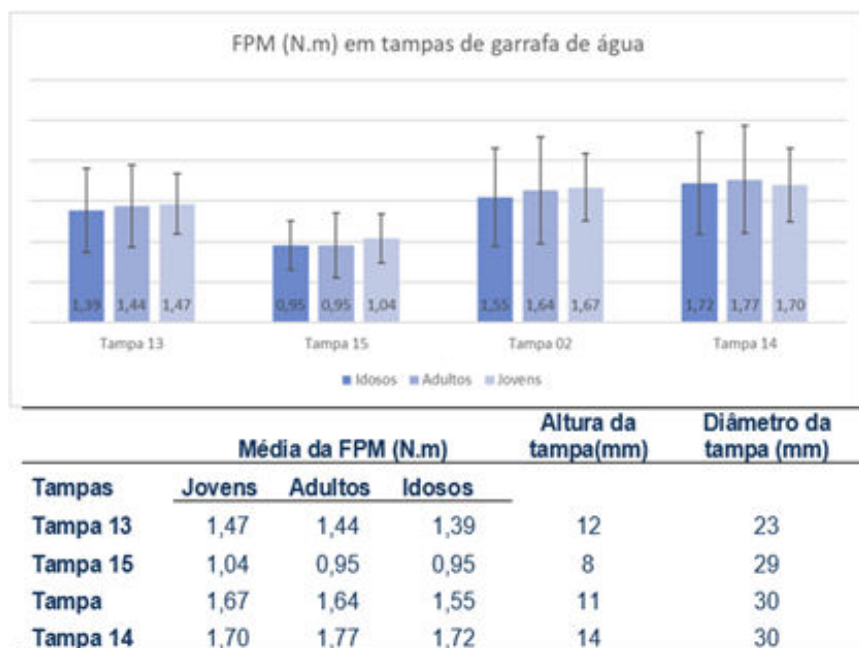
Os resultados apresentados corroboram com a literatura ao apontar que menores áreas de contato impactam negativamente na realização do esforço, provocando consequentemente maior desconforto.

3.3.3 Etapa 3: Avaliação da FPM em tampas de garrafas para água.

Na terceira etapa participaram do estudo 144 pessoas, distribuídas igualmente nas faixas etárias de jovens (18 – 29 anos), adultos (30 – 55 anos), e idosos (acima de 55 anos).

Os resultados das FPM são apresentados na Figura 12.

Figura 12 - Resultados para FPM em tampas de garrafas para água.



Fonte: As autoras

Observando-se a Figura 12 nota-se que em todos os grupos a tampa 15 possibilitou menor aplicação de força de torque, enquanto a tampa 14 permitiu a maior aplicação de força se comparada às demais. Verifica-se que uma característica da tampa 15 é a sua menor altura

(8mm) comparada às demais tampas, por sua vez, a tampa 14 apresenta a maior altura (14 mm) perante as demais. Pode-se inferir que a altura da tampa é uma variável importante no que diz respeito à FPM nas tampas observadas.

As médias das forças também foram comparadas através de análise estatística inferencial para verificar se as diferenças obtidas foram estatisticamente significativas. Os resultados dos testes de normalidade, Shapiro Wilk, indicaram que o teste estatístico a ser realizado para comparação das amostras deveria ser o Mann Whitney, uma vez que se constatou a não normalidade das amostras.

O teste Mann Whitney indicou que houve diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre os resultados das forças de torque da tampa 15 comparada à todas as demais tampas e para todas as faixas etárias. Portanto as diferenças de FPM observadas comparadas às demais tampas podem ser consideradas estatisticamente significativas. Outras diferenças estatisticamente significativas foram encontradas na comparação entre as FPM das tampas 14 e 13 para a faixa etária idosa. Observa-se que as ranhuras da tampa 13 parecem não ter sido suficientes para implementar aumento de atrito e maior FPM. Não foram verificadas outras diferenças estatisticamente significativas.

Os resultados apontam que comparando-se as forças obtidas pelos usuários e as dimensões das tampas, nota-se que independente do sexo e idade a tampa 15 (menores dimensões) possibilitou menor aplicação de força de torque, enquanto a tampa 14 (maiores dimensões) permitiu a maior aplicação de força se comparada às demais.

4 Considerações finais

Este estudo buscou analisar a interação do usuário com um produto do cotidiano verificando de que forma a aplicação de força manual e as características da interface do produto interferem, de forma positiva ou não, no desempenho da tarefa. O estudo dos objetos, nesta pesquisa, tem como objetivo complementar a avaliação de força manual em embalagens com tampas de rosca com indivíduos jovens, adultos e idosos a fim de promover a sensibilização para o desenvolvimento de produtos que sejam condizentes com a necessidade da população que é composta em sua maioria por mulheres e idosos ativos e com maior expectativa de vida, e que se contrapõe aos padrões adotados, por exemplo, na produção de embalagens com tampas rosqueáveis as quais exigem um nível de força para a sua abertura que é geralmente encontrado em homens na faixa etária adulta.

Percebeu-se que os estudos no âmbito do design podem implementar melhorias nos produtos, tornando-os mais eficientes e permitindo que as tarefas sejam realizadas com mais segurança e conforto.

A partir do que foi observado neste estudo é possível compreender a influência das características das tampas de rosca na transmissão de força nas garrafas para água estudadas e para melhorar a interação das pessoas com as embalagens de água mineral é imprescindível ter especial atenção às dimensões das tampas, sobretudo quanto à altura e ao diâmetro, pois essas características influenciaram nos valores dos momentos de força obtidos.

Além disso, entende-se, a partir dos resultados que as embalagens de água mineral carecem de um dispositivo de abertura que cause menos desconforto durante a sua manipulação. Daí a necessidade de estudos mais aprofundados para propor parâmetros para o desenvolvimento de tais dispositivos.

Finalmente, este estudo aponta que o aumento da altura da tampa pode implementar em ganho de FPM resultado em melhores resultados e menor desconforto independente do sexo ou da faixa etária e que ranhuras não parecem interferir no aumento de FPM.

5 Agradecimentos

Este estudo foi desenvolvido com o apoio da FAPEMA – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão (PROC. 00566/15).

6 Referências



- BONFIM, G. H. C. **Avaliação de força de preensão manual e teste de usabilidade em embalagens com tampas de segurança**: parâmetros para o design ergonômico. [Dissertação de Mestrado]. UNESP: Bauru, 2014.
- BASTOS, H. B. **Avaliação de sistema de fechamento para embalagens de polietileno tereftalato PET na retenção de CO₂**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal Estadual de Campinas, Campinas, 2006. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/255854>>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- CARVALHO, M. A. **Engenharia de embalagens: uma abordagem técnica do desenvolvimento de projetos de embalagens**. São Paulo: Novatec, 2008. 284 p.
- 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.
- DAHROUJ, L. S. **Avaliação de força de torção manual infantil**: o design ergonômico aplicado ao desenvolvimento de tampas seguras para embalagens de domissanitários. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Bauru, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/89717>>. Acesso em: 27 mar. 2019.
- FERREIRA, A. C. de C. et al. Força de preensão palmar e pinças em indivíduos sadios entre 6 e 19 anos. **Acta Ortopédica Brasileira**, São Paulo, v. 19, n. 2, p.9297, mar. 2011. Bimestral. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aob/v19n2/a06v19n2.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2019.
- 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), v.1, n. 18B, p. 129-132, 1993.
- IIDA, Itiro; GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia**: Projeto e Produção. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2016.
- KAPANDJI, A.I. **Fisiologia articular**: Esquemas comentados de mecânica humana. 5. ed. São Paulo: Panamericana, 2000. 550 p.
- KROEMER, K.H.E.; E.GRANDJEAN. **Manual de ergonomia**: Adaptando o trabalho ao homem. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 327 p. 327 f. Tradução de Lia Buarque de Macedo Guimarães.

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.

MESTRINER, F. **Design de embalagem**: curso básico. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 2002.

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.

NAPIER, J. **A mão do homem**: anatomia, função e evolução. Rio de Janeiro: Universidade de Brasília, 1985.

RAZZA, B. M. **AValiação de Forças Manuais em Atividades Funcionais Cotidianas: Uma Abordagem Ergonômica**. 2007. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Desenho Industrial, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Bauru, 2007. Disponível em: < <https://bv.fapesp.br/pt/dissertacoes-teses/87460/avaliacao-de-forcas-manuais-em-atividades-funcionais-cotidia> >. Acesso em: 20 abr. 2019.

SANDERS, M. S.; MCCORMICK, E. J. **Human factors in engineering and design**. New York: McGraw- Hill, 1993.

SILVA, D. C.; INOKUTI, Élen Sayuri; PASCHOARELLI, Luís Carlos. A Influência da Idade na Percepção de Dificuldade de abertura de Embalagens Pet para Refrigerantes. **Human Factors in Design**: PPGDesign UDESC, Florianópolis, v. 2, n. 4, p.118, dez. 2013. Mensal. Disponível em: < <https://www.revistas.udesc.br/index.php/hfd/article/view/5856> >. Acesso em: 12 ago. 2019.

SILVA, D. C.; INOKUTI, É. S.; PASCHOARELLI, L. C. Avaliação de desconforto em atividades manuais a partir do uso de mapas da região palmar: a influência da idade. **Human Factors in Design**: PPGDesign UDESC, Florianópolis, vol. 1, no 2, n.p., abr. 2012.

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.