

Contribuições da Filosofia Ecológica ao Design Ergonômico: avaliação da percepção do formato de botoeiras para suas atividades de acionamento, liga-desliga e emergência

Contributions of Ecological Philosophy to Ergonomics studies: evaluation of the perception of the shape of buttonholes for their activation, on-off and emergency mechanisms

Leonardo Queiroz Assis Poletto, UNESP - FAAC – Bauru.
lqa.poletto@unesp.br

Nilton Cesar Ferst, UNESP - FAAC – Bauru.
nc.ferst@unesp.br

Luis Carlos Paschoarelli, UNESP - FAAC – Bauru.
luis.paschoarelli@unesp.br

Resumo

O objetivo do estudo foi investigar as contribuições da Filosofia Ecológica para estudos no Design Ergonômico. Experimento com 25 participantes que consistia em acionar 8 botoeiras (B1-8) de acordo com os comandos pré-definidos. Utilizado o formulário NASA-TLX para análise da carga de trabalho. Os resultados demonstraram maior eficácia dos formatos de B8, B6 e B2 para informar a função ligar; de B3 e B8 para informar a função reiniciar; e para informar a função emergência B3 e B7. Referente a avaliação informacional dos mecanismos de acionamento, as botoeiras B1 e B7 se destacaram negativamente ($AD. \leq 60\%$). Conclui-se que atividades de acionar botoeira exigem demanda mental significativamente maior ($p < 0.05$) se comparadas com demandas físicas, temporais, esforços e frustrações. Os resultados sugerem que alguns formatos das botoeiras são mais eficientes do ponto de vista informacional, sobre as funções ligar, reiniciar, emergência e sobre os procedimentos de acionamento.

Palavras-chave: Design, Filosofia Ecológica, Affordances, Percepção-ação.

Abstract

The objective of the present work was to investigate the contributions that Ecological Philosophy can offer to studies of Ergonomic Design. The experiment had 25 participants ($\bar{x} = 21.18$ years, $sd = 1.73$), which consisted of activating 8 buttons (B1-8) according to the requested commands. The NASA-TLX form was used for workload analysis. The results showed a greater number of activations of B8, B6 and B2 for the on condition; from B3 and B8 in the restart condition; and in emergency condition B3 and B7. Regarding the appropriate actions corresponding to the activation mechanisms, pushbuttons B1 and B7 stood out negatively ($AD. \leq 60\%$). It is concluded that activities to activate the buttonhole require significantly greater mental demand ($p < 0.05$) compared to physical demands, temporal, efforts and frustrations. The results suggest that some buttonhole formats are more informative for the on, restart, emergency functions and for their activation process.

Keywords: Design, Ecological Philosophy, Affordances, Perception-Action.



Introdução

A ergonomia é caracterizada por ser um estudo interdisciplinar e transdisciplinar das interações entre usuário e produto com o objetivo de estabelecer métodos e procedimentos de análise para interfaces, visando aprimoramento na segurança, conforto, eficiência, saúde, produção, efetividade, satisfação, impacto ambiental, entre outras características (PASCHOARELLI, 2003; PASCHOARELLI e SILVA 2006; SOARES, RODRIGUES, PASCHOARELLI, 2015; SANTOS *et al.*, 2019). Desse modo, a ergonomia apresenta-se muito próxima ao design tendo em vista que estudar formas de acoplamento, adequação e adaptação de produtos às atividades humanas também é tarefa do design (BONSIEPE, 1997; SANTOS *et al.*, 2019). Isto implica em analisar as interações entre usuário - produto/processo constituindo um domínio relacional, característico da natureza ontológica das interfaces (BONSIEPE, 1997). Nesse sentido, estudos sobre percepção e ação são relevantes para desenvolver metodologias ergonômicas avaliativas, uma vez que a percepção é considerada um componente importante para a usabilidade e funções de um produto (CARDOSO, 2012; LÖBACH, 2001; BÜRDEK, 2006; FACCA, 2008).

Filosofia Ecológica pode contribuir aos estudos de ergonomia propondo abordar a percepção como a atividade de captação de informação para a ação. Inspirada na teoria da percepção direta proposta por Gibson (1986), a Filosofia Ecológica consiste em uma abordagem alternativa ao representacionismo, propondo estudar as ações dos organismos, não necessariamente humanos, no ambiente que estão situados. Isto envolve explicar como se comportam habilmente e significativamente, sendo capazes de realizar ações bem-sucedidas relevantes para manutenção de suas vidas e espécie (LARGE, 2011). Esta perspectiva rompe com os pressupostos dualistas que consideram a percepção como uma atividade fundamentalmente cognitiva, de natureza psicológica e substancialmente distinta das propriedades físicas do ambiente.

Entendida como uma relação informacional constitutiva dos sistemas de ação (GONZALEZ *et al.*, 2000), a percepção consiste na combinação entre elementos internos e externos ao agente que cooperam resultando em ciclos de percepção-ação (GIBSON, 1986). Segundo este autor as regularidades e aspectos físicos são invariantes que em interação com agentes, cujas características disposicionais são apropriadas, podem especificar texturas, cores, formatos, odores, dimensões, movimentos, dureza e outras características, proporcionando relações informacionais. Ainda, de acordo com Gibson (1986, p.147), “a percepção direta (visual) é a atividade de agarrar/captar a informação ecológica disponível em uma matriz de luz”. Este autor denomina estas informações de affordances e as define como possibilidades de ação diretamente percebidas. Desse modo, a informação ecológica ou affordances são informações para a ação. Esta perspectiva, entende a percepção como objetiva e parte indissociável dos sistemas de ação, constituindo a concepção ecológica de percepção ação (MEIJER e ROTH, 1988).

Como a percepção do usuário é relevante para as diferentes funções e usos que um produto pode adquirir (LANUTTI, 2013; CARDOSO, 2012; GOMES FILHO, 2006; LÖBACH, 2001; BONSIEPE, 1997), considerar a percepção como direta e de natureza relacional pode contribuir para melhor compreender as dinâmicas interacionais das funções e usos dos produtos, focalizando as informações e ações a partir da combinação entre elementos internos e externos ao agente. O foco de análise da Filosofia Ecológica são as relações entre os aspectos físicos com os cognitivos,

comportando elementos organizacionais. É a cooperação entre propriedades físicas, cognitivas e organizacionais que compõem o domínio ecológico, escopo do presente estudo. Neste caso, analisa-se a percepção ação envolvendo a atividade de acionar botoeiras, por serem objetos bastante comuns no cotidiano e não haver normas de segurança estabelecidas referentes aos formatos correspondentes às suas funções e mecanismos de acionamento.

As botoeiras são dispositivos de comando para circuitos elétricos. Seu acionamento consiste em interromper a passagem de corrente elétrica em linhas de um circuito de comando, a partir do acionamento manual, local ou a distância. Além da presença numa grande variedade de produtos eletrônicos, seus formatos, cores, texturas, dimensões e funções são diversos, assim como as mecânicas para acioná-las.

A tarefa de acionar um botão que cumpra uma função esperada pode ser mais complicada do que normalmente possa parecer. Segundo Brasil (2019^a), a NR10 aponta ser “obrigatório que os projetos de instalações elétricas especifiquem dispositivos de desligamento de circuitos que possuam recursos para impedimento de reenergização, para sinalização de advertência com indicação da condição operativa”.

Entretanto, somente a sinalização de advertência pode não ser suficiente para especificar os dispositivos de desligamento e outras funções importantes na prevenção de acidentes. Isto pode acarretar sérios problemas relacionados à segurança e previstos na norma de segurança de máquinas e equipamentos, NR12 (BRASIL, 2019^b). Dessa forma, em uma situação de risco que necessite o acionamento de alguma das funções ligar, reiniciar e emergência por um usuário inexperiente, havendo mais características que especifique as três diferentes funções destacadas, pode diminuir a taxa de erros e acidentes. Contudo, apesar das normas de segurança estabelecidas, não há padronização que vincule o formato das botoeiras com a mecânica de acionamento e sua função. A única padronização que a NR-10 estabelece (BRASIL, 2019^a) é referente às cores e algumas funções dos botões de acionamento.

A questão abordada é: há formato de botoeiras que são mais eficazes para informar funções de ligar, reiniciar, emergência e sua mecânica de acionamento?

A hipótese investigada é que o formato das botoeiras são invariantes que podem ser mais ou menos eficazes em informar as funções de ligar, reiniciar, emergência e seu mecanismo de acionamento. Baseado na noção de affordances como funções probabilísticas (FRANCHAK e ADOLPH, 2014) e como controle para ações (FAJEN, 2007; WARREN, 2006), considerou-se a frequência de acionamentos de cada botoeira como medida para avaliar a eficácia do seu formato para informar as funções e mecanismos de acionamento. Quanto maior a entropia (SHANNON, 1948) constatado pela aleatoriedade das ações de acionamento em cada condição, menos eficazes são os formatos, comparados entre si, para informar a função analisada. No caso de uma tendência de acionamento de uma ou um grupo de botoeiras na mesma condição, mais eficaz o formato desta ou deste grupo de botoeira, em comparação com as demais, para informar a função analisada. Para a presente análise, destaca-se que na noção de affordances é subentendido relações de reciprocidade entre agente e ambiente, considerada como uma característica disposicional do sistema (GONZALEZ *et al.*, 2000). Portanto, a eficácia informacional das invariantes de um produto co-depende das características do usuário.

Este artigo é uma proposta de metodologia para avaliação da eficácia de invariantes (formatos) para informar as funções práticas de um produto (botoeiras). O objetivo foi investigar as possíveis

contribuições que a Filosofia Ecológica pode oferecer como ferramenta conceitual de análise no desenvolvimento de metodologias avaliativas para estudos em Design Ergonômico, avaliando os formatos de botoeiras a partir da percepção ação dos usuários por meio de procedimentos experimentais.

Materiais e Métodos

Caracterização e Aspectos Éticos

O presente estudo tem característica exploratória, experimental e indutiva, envolvendo a coleta e análise de dados de situações reais e aplicadas, visando a confirmação do objetivo/hipótese apresentados. Por envolver a participação de seres humanos, adultos e independentes, o presente estudo seguiu alguns pressupostos da Resolução 510/2016, CONEP-CNS-MS (BRASIL, 2016), a qual dispõe sobre os cuidados éticos dos estudos em Ciências Humanas e Sociais, e aplicação de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Amostragem

Foram utilizadas 25 pessoas, com idade média de 21,18 anos (dp. 1,73 anos), sendo 10 do gênero masculino e 15 do gênero feminino.

Materiais

Plataforma com Botões de Acionamento

Foi confeccionada uma plataforma de madeira processada (MDF) de formato circular, com diâmetro 40 cm e 4 suportes de madeira retangulares distribuídos em sua base proporcionando sustentação e equilíbrio. Sobre a mesma foram acopladas oito botoeiras e posicionadas próximas à borda (Figura 01). Três tipos de botoeiras foram utilizados no estudo, de acordo com o mecanismo de acionamento: Botoeiras acionamento Pressionar (BaPr - B3; B4; B7 e B8); Botoeiras acionamento Girar (BaGr - B1 e B5); e Botoeiras acionamento Puxar (BaPx).

O local de cada botoeira foi previamente estabelecido de acordo com seu formato e mecânica de acionamento, de modo que entre cada botoeira, em relação ao centro da plataforma, havia um ângulo de 45°, dividindo a plataforma em oito partes iguais. As botoeiras foram selecionadas considerando a disponibilidade no mercado nacional e são encontradas habitualmente em ambientes ocupacionais, incluindo o cockpit de aeronaves (Figura 02), mas não esgotam o espectro de tipos de botoeiras existentes no mercado. Botoeiras com mecanismo de acionamento semelhantes foram posicionadas de forma oposta; e o mesmo critério foi utilizado para botoeiras com formatos similares. Como havia quatro Botoeiras acionamento Pressionar (BaPr), o critério utilizado foi colocar em posições opostas as com mecânica de retenção semelhantes. A plataforma foi apresentada aos participantes estando os botões sempre na mesma posição.

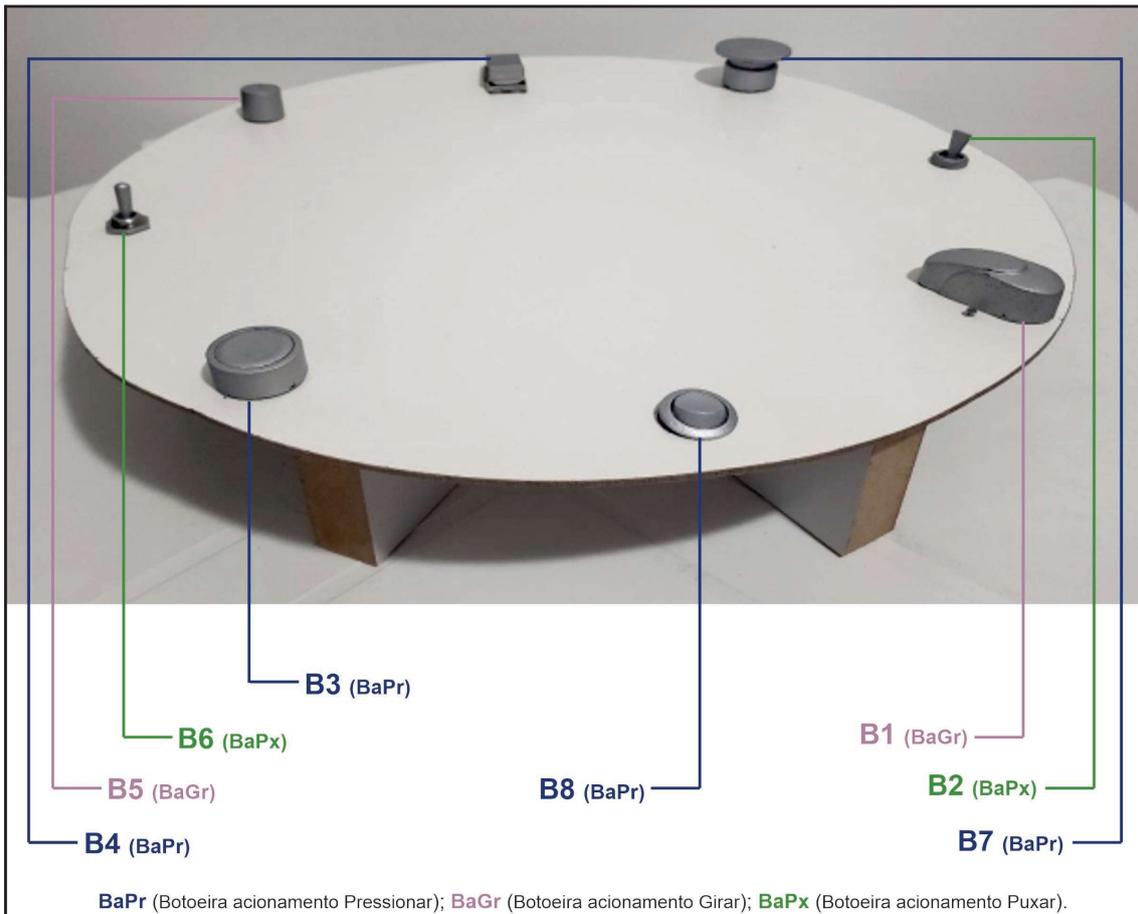


Figura 1: Plataforma com as 08 (oito) botoeiras, então classificadas quanto ao mecanismo de acionamento: Botoeiras acionamento Pressionar (BaPr - B3; B4; B7 e B8); Botoeiras acionamento Girar (BaGr - B1 e B5); e Botoeiras acionamento Puxar (BaPx).



Figura 2: Painel de Cockpit de um simulador de voo, utilizado no treinamento de pilotos de linha aérea profissionais. Neste tipo de painel são encontradas diversas botoeiras, entre as quais destaca-se: Botoeiras acionamento Pressionar (BaPr); Botoeiras acionamento Girar (BaGr); e Botoeiras acionamento Puxar (BaPx).

A plataforma estava posicionada em cima de uma mesa de madeira com suporte de metal e uma câmera GoPro Hero 3+ (GoPro, Inc, Califórnia, EUA), com resolução de vídeo Full HD de 12 megapixels, que foi utilizada para coletar os dados através das imagens e sons do experimento (Figura 3-B).

Protocolo

Foi aplicado o protocolo NASA-TLX elaborado por Hart e Staveland (1988), como medida avaliativa da carga de trabalho exercida pela atividade. Trata-se de um procedimento de escala multidimensional que fornece um valor global da carga de trabalho e bastante utilizado para avaliar carga mental do trabalho (CARDOSO, 2010; VALDEHITA *et al.*, 2004; VALDEHITA *et al.*, 2007), com aplicação em estudos de Design (GOBBI e SANTOS, 2015) e possibilidade de ser aplicado em diversas tarefas reais e complexas (VALDEHITA *et al.*, 2004). O formulário possui duas partes, a primeira parte apresenta seis diferentes dimensões com uma escala de 20 unidades cada, o participante deve preencher a unidade da escala que melhor corresponde à quantidade exigida de cada dimensão pela atividade. As dimensões eram Mental, Física, Temporal, Performance, Esforço e Frustração. Na segunda parte, as dimensões eram pareadas e comparadas entre si, obtendo 15 diferentes pares de dimensões. Nesta parte, o participante deveria escolher em cada par de comparação qual dimensão foi mais exigida pela atividade.

De acordo com as respostas obtidas na segunda parte do formulário, obtém-se o peso para cada dimensão em função das vezes que ela foi escolhida. Em seguida, os valores obtidos pela escala preenchida na primeira parte eram multiplicados respectivamente aos pesos obtidos por cada dimensão na segunda parte, obtendo o valor final bruto de cada dimensão. O valor bruto é dividido por 15 (número total da soma dos pesos) obtendo o valor global da carga de trabalho em uma escala de 1 a 100.

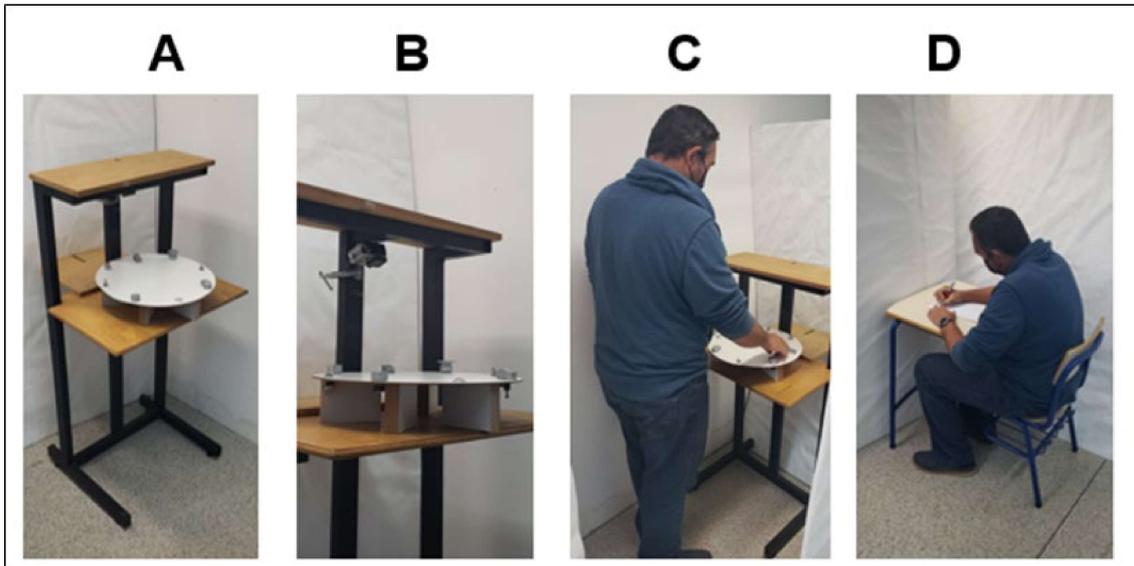
Procedimentos

Os participantes receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e foi solicitado a leitura, compreensão e autorização. Na sequência foram convidados a se posicionarem no local do experimento (Figura 3-A), no qual dispunham de 10 segundos para observá-lo. Em seguida, era emitido de forma aleatória três comandos de voz diferentes relacionados a três diferentes funções normalmente atribuídas a botoeiras, um comando de cada vez.

Os comandos eram: *Suponha que você tenha que ligar um sistema eletrônico qualquer. Qual botão você utilizaria? Demonstre.*; *Suponha que você tenha que reiniciar um sistema eletrônico qualquer. Qual botão você utilizaria? Demonstre.* e *Suponha que você tenha que acionar um sistema de emergência qualquer. Qual botão você utilizaria? Demonstre.* O segundo comando era emitido após o participante realizar a ação respectiva ao primeiro comando, o mesmo para o terceiro comando (Figura 3-C).

Os participantes foram instruídos a acionar somente um botão para cada comando emitido, podendo repetir o acionamento do mesmo botão para mais de uma função. Importante destacar

que os participantes não tinham ciência previa de que nada aconteceria ao acionarem as botoeiras. Após os três comandos relacionados às funções serem executados, um quarto comando era emitido: *Acione os demais botões que ainda não foram acionados, um de cada vez*. Depois de acionar os botões que restavam, o participante era conduzido a uma mesa (Figura 3-D) onde era aplicado o formulário NASA-TLX.



Análise de Dados

Referente à análise estatística aplicada ao NASA-TLX, a variável independente é a atividade de acionar botoeiras em condições de ligar, reiniciar e emergência de modo adequado. As variáveis dependentes são as dimensões de trabalho apresentadas pelo formulário: dimensão mental, dimensão física, dimensão temporal, performance, esforço e frustração. Após a tabulação dos dados coletados pelo formulário NASA-TLX foi aplicado uma análise estatística. Foi utilizado primeiramente o teste não paramétrico de Shapiro-Wilk, o qual apontou que as amostras não atenderam ao pressuposto de normalidade $p > 0.05$ com exceção do conjunto de dados *performance* ($p = 0.181$), nesse sentido aplicou-se o teste de Wilcoxon.

Referente à análise do papel informativo do formato das botoeiras para as funções ligar, reiniciar e emergência, a variável independente é o formato das botoeiras. A variável dependente é a frequência de acionamentos de cada botoeira.

Referente à análise das ações de acionamento correspondendo com as mecânicas das botoeiras, propõe-se uma classificação das ações observadas em quatro categorias: girar, puxar, pressionar e outras. A partir desta classificação foi proposta uma segunda categorização das ações observadas relacionando com as mecânicas de acionamento das botoeiras avaliadas. As quatro categorias de botoeiras foram classificadas como adequadas (AD), com dificuldade (CD) e não adequadas (NA). Os critérios utilizados para a segunda classificação foram os seguintes:

- As ações adequadas são as que foram realizadas sem ajustes consideráveis e que correspondiam a mecânica de acionamento da botoeira respectiva. Por exemplo quando

a ação de girar foi realizada sem ajustes consideráveis para uma botoeira cuja mecânica de acionamento é girar; a ação de pressionar realizada sem ajustes consideráveis para uma botoeira de pressionar e puxar para uma botoeira de puxar.

- As ações adequadas com dificuldade são as que o participante precisou realizar ajustes consideráveis para corresponder à mecânica de acionamento da botoeira respectiva. Por exemplo quando o participante pressionou e depois ajustou a ação para girar uma botoeira cuja mecânica é girar; ou puxou e depois ajustou a ação para pressionar uma botoeira cuja mecânica é de pressionar.
- As ações não adequadas são as que mesmo quando realizado ajustes não correspondiam à mecânica de acionamento da botoeira. Por exemplo quando o participante puxou uma botoeira que cuja mecânica é girar e não realizou ajustes na ação, ou, os ajustes não corresponderam à mecânica de acionamento da botoeira respectiva durante a tentativa.

Referente à análise das ações de acionamento, a variável independente é o formato das botoeiras. A variável dependente é a frequência de ações AD, CD e NA. Foi realizada uma análise de frequência das botoeiras acionadas de acordo com cada comando solicitado respectivo às funções de ligar, reiniciar e emergência. A fim de evitar maiores efeitos do poder de teste para $n=25$, destacaram-se as botoeiras que tiveram 5 ou mais acionamentos para cada condição ($\geq 20\%$) e que tiveram 10 ou mais CD e NA somadas ($AD \leq 60\%$).

Para a análise dos tempos de resposta aos comandos optou-se pelo uso de mediana como demonstrativo de tempo, pois houve dispersão de dados que poderiam dificultar uma análise comparativa efetiva se realizada a partir da média, para cada condição abordada pelo estudo.

Resultados

Dos resultados do protocolo NASA-TLX (Figura 4), constatou-se que, entre as demandas (dimensões) Físico e Esforço; Físico e Frustração; Tempo e Frustração; Esforço e Frustração não houve diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$). Observou-se também que a Performance e Mental, seguidos do Tempo apresentaram maior média e mediana em relação às demais dimensões, com os respectivos valores ($\bar{x} = 268.2$; $Me = 260.0$; $d.p. = 100.0$), ($\bar{x} = 140.6$; $Me = 125.0$; $d.p. = 108.8$) e ($\bar{x} = 71.0$; $Me = 40.0$ e $d.p. = 65.5$).

Com relação aos resultados da escolha dos participantes, após comando de voz e em relação à condição ligar, destacaram-se as botoeiras: (B2) com 20% de acionamento com formato cilíndrico e mecânica de acionamento puxar; (B6) com 24% com formato cilíndrico e mecânica de acionamento puxar; e (B8) com 28% com formato circular e mecânica de acionamento pressionar. Em relação a condição reiniciar, as botoeiras que se destacaram foram: (B7) com 20% de acionamento com formato circular e mecânica de pressionar; (B8) com 32% e (B3) com 36% de acionamentos com formato circular e mecânica de pressionar. Em relação a condição de emergência se destacou novamente (B3) com 32% e (B7) com 40% (Figura 5).

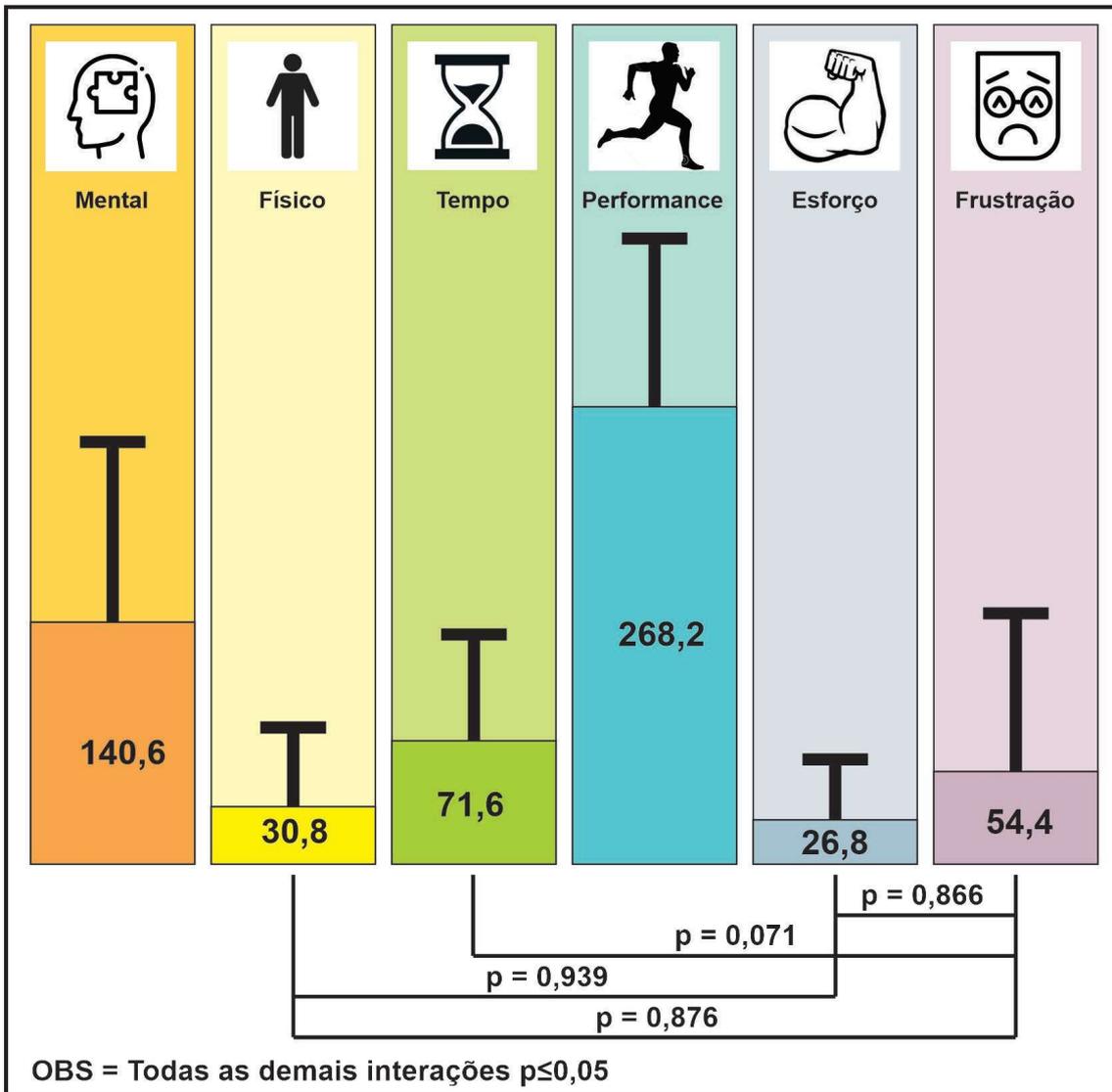


Figura 4: Resultados de média, desvio padrão e teste de Wilcoxon para as demandas NASA-TLX.

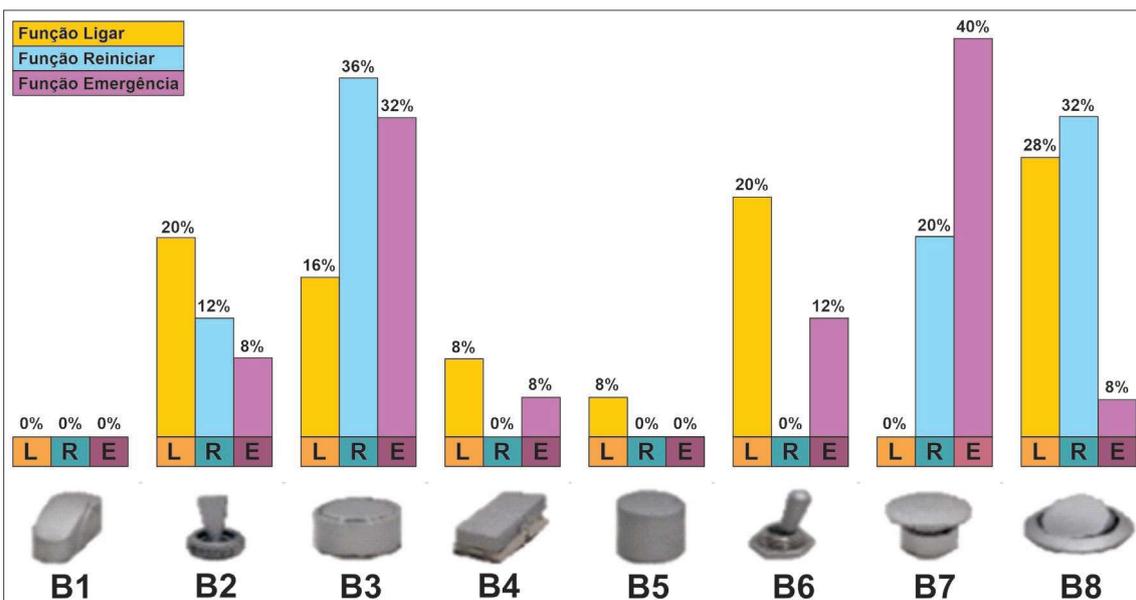


Figura 5: Porcentagem de acionamentos em: Função Ligar (L), Função Reiniciar (R) e Função Emergência (E).

Nesta análise, devido a alta taxa de ações classificadas como adequadas ($\bar{x} = 76,59\%$), apenas duas botoeiras se destacaram negativamente: a botoeira B7, a qual apresentou pior desempenho, com 36% de AD, 0% de CD e 64% NA; e a botoeira B1, a qual apresentou 52% de AD, 20% de CD e 28% de NA. Neste último caso, provavelmente o seu formato retangular, associado a um acionamento de girar pode ter contribuído para este resultado negativo. Todas as demais botoeiras tiveram uma taxa de $AD \geq 75\%$ (Figura 6).

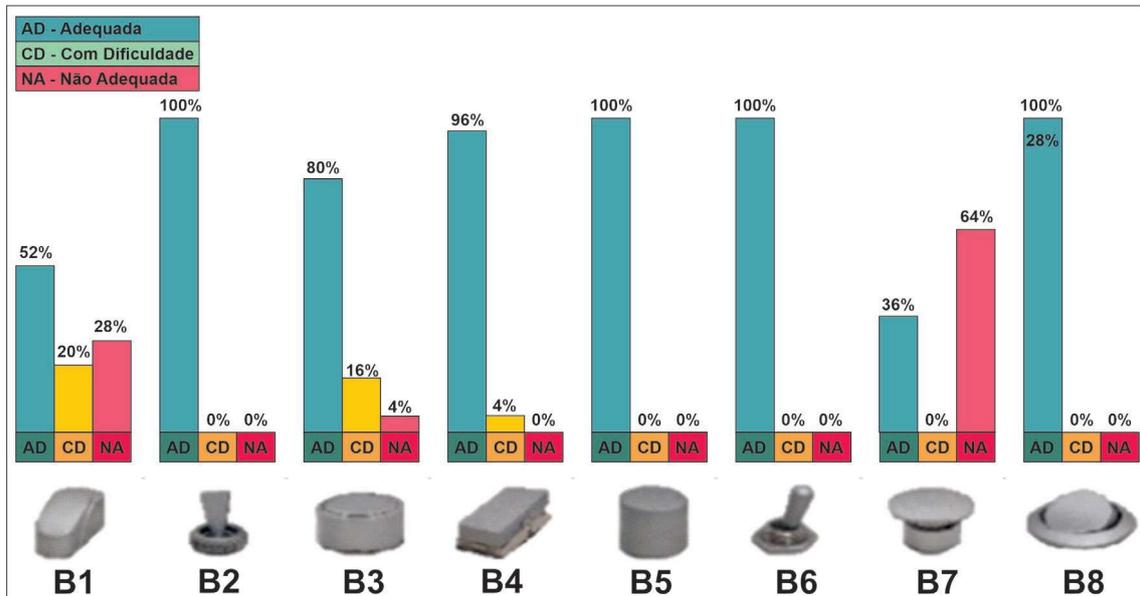


Figura 6: Porcentagem de Botoeiras consideradas: Adequada (AD); Com Dificuldade (CD); e Não Adequada (NA).

No caso das duas botoeiras que se destacaram negativamente, realizou-se uma análise mais detalhada a respeito das ações observadas. Em relação à B1, houve 52% de ações girar (AD); 44% de pressionar e 4% de outras (CD e NA somadas). Em relação à B7 houve 36% de ações classificadas como pressionar (AD) e 64% como girar (NA).

Em relação a análise do tempo de respostas, com a utilização da dispersão de dados pelo Box-Plot observou-se para a função Ligar uma mediana de 3,07 ms.; para a função Reiniciar observou-se uma mediana de 2,83 ms. e para a função Emergência uma mediana de 1,70 ms (Tabela 1).

Função	1º Quartil (ms)	2º Quartil (ms)	3º Quartil (ms)	Mínimo (ms)	Média (ms)	Mediana (ms)	Máximo (ms)
Ligar	148	307	403	87	685	307	473
Reiniciar	163	283	531	43	455	283	853
Emergência	134	170	360	34	248	170	416

Tabela 1: Tempos de Resposta dos Sujeitos aos Comandos

Pode-se compreender que os pelos tempos de respostas dos sujeitos eles estão acima do que a literatura considera como amplitude normal para tempos de resposta (TR) considerando estímulo sonoro. Miyamoto e Meira Jr. (2004) apresentam a amplitude em milissegundos para o TR é de 130 a 170 para estímulos acústicos ou sinais sonoros, levando em consideração que são sujeitos não-treinados.

Discussão

Analisando os resultados obtidos pelo formulário NASA-TLX, conclui-se que em atividades envolvendo o acionamento de botoeiras os participantes se autoavaliaram positivamente quanto às suas ações, indicado pelos valores obtidos pela dimensão de performance, o que corrobora com a média alta de ações adequadas ($AD \bar{x} = 76,59\%$). Apesar da boa performance dos participantes, os resultados também indicaram que estas atividades exigem uma demanda mental significativamente maior que uma demanda física ($p < 0.001$), temporal ($p = 0.011$), esforço ($p < 0.001$) ou frustração ($p = 0.004$) (Figura 2).

Isto pode ocorrer devido à variabilidade de botoeiras com diferentes formas, funções e mecanismos de acionamento que podem dificultar a ação de qual botoeira acionar e de que forma. Além disso, a avaliação da atividade como uma tarefa que exige ritmo apressado representada pela demanda temporal significativamente maior que a demanda física ($p = 0.016$) e que o esforço ($p < 0.001$) também contribuem para esta análise, justificando os valores dos tempos de resposta para esta atividade acima da amplitude considerada normal em outras atividades envolvendo comandos sonoros (Figura 4). Com isso, as avaliações da tarefa envolvendo acionamento de botoeiras com alta demanda mental, temporal e tempos de resposta justificam a realização de estudos de ergonomia cognitiva, uma vez que a ergonomia cognitiva é recomendada para avaliar tarefas com alta carga mental de trabalho e tomadas de decisões (FEIBER, 2010; IIDA, 2005).

Esta perspectiva propõe que as relações estabelecidas informam sobre propriedades do sistema de ação agente-ambiente, compondo o domínio ecológico informacional das interfaces. Nesse sentido, analisou-se as relações entre a percepção da forma do objeto com seu uso e função prática, propondo uma avaliação da eficácia do formato para informar, aspecto relevante para estudos de usabilidade (CAMPOS, 2014; CARDOSO, 2012; NORMAN 2004, 2006; LÖBACH, 2001).

Considerou-se que as relações mais estabelecidas resultando nas ações observadas que mais ocorreram indicam a eficácia do formato das botoeiras, em cada condição do experimento, para informar aos usuários as funções analisadas. Esta análise se baseou na noção de entropia de Shannon (1948), propondo uma relação inversamente proporcional entre entropia e eficácia. A frequência tendenciosa de acionamentos sugere que há controle das ações, indicando que por não serem aleatórias são baseadas em informações (FAJEN, 2007; GONZALEZ *et al.*, 2000). Nesse sentido, entende-se que quanto maior a tendência de acionamento de X por um usuário com características Y na condição Z, mais eficaz é o formato de X para informar Y sobre a função Z. Portanto, assume-se que as affordances são propriedades disposicionais de um sistema agente-ambiente e que dada as condições Y, neste sistema há maior probabilidade de ocorrer a ação X (FRANCHAK, ADOLPH, 2014; GONZALEZ *et al.*, 2000).

Dessa forma, sobre botoeiras o formato é mais eficaz informacionalmente para o controle visual das ações (FAJEN, 2007) e acionamentos bem-sucedidos (FRANCHAK, ADOLPH, 2014) do que para suas funções. Entretanto, constatou-se uma leve tendência em cada condição, destacando-se algumas botoeiras como as mais acionadas, considerando como critério de destaque $p \geq 20\%$.

Na condição de ligar, a botoeira que mais se destacou foi B8, com formato circular e mecânica de acionamento pressionar, acionada 28% das vezes. Dessa forma, pode-se considerar uma

tendência ao seu acionamento nesta condição, sugerindo que o seu formato é bastante eficaz para informar a função de ligar se comparada com os demais avaliados.

As botoeiras seguintes que se destacaram na mesma condição foram B2 com 20% e B6 com 24%, ambas com formato cilíndrico e mecânica de acionamento puxar semelhantes. Com isso, pode-se inferir que este formato também obteve um bom resultado da avaliação, sendo 44% das vezes acionado, se somados B2 e B6. Logo, há tendência de acionamento de botoeiras com formatos cilíndricos e mecânica de acionamento puxar nesta condição, sugerindo que este formato está entre os mais eficazes para informar a função ligar, se comparada com os demais avaliados.

Em relação a condição reiniciar, as botoeiras mais acionadas foram B3 com 36%, B8 com 32% e B7 com 20%. Estas três botoeiras possuem o formato circular e a mecânica de pressionar, indicando a ótima eficácia deste formato para informar a função ligar.

Quanto ao mecanismo, B3 se diferencia de B7 e B8 por não possuir retenção, enquanto B8 tem mecanismo de retenção conjugado idêntico. Isto significa que para o botão voltar ao estado inicial, deve-se pressionar o botão de formato idêntico conjugado. Já no caso de B7, para a botoeira voltar ao estado inicial necessita ser girada, o que pode configurar um problema informacional, como será apresentado mais adiante.

Em relação a condição emergência, as botoeiras mais acionadas foram novamente B3 com 32% e B7 com 40%. Esta recorrência pode ser explicada pela proximidade entre as condições de reiniciar e de emergência, reforçando a avaliação positiva da eficácia do formato circular para informar ambas as funções, se comparado com os demais formatos avaliados. Dessa forma, os resultados obtidos corroboram com a perspectiva de que a percepção do formato dos produtos são relevantes para especificar suas funcionalidades (CAMPOS, 2014; CARDOSO, 2012; NORMAN 2004, 2006).

Referente a análise das ações correspondentes às mecânicas de acionamento das botoeiras. Os botões B2, B3, B4, B5, B6 e B8 obtiverem $AD \geq 80\%$. Isto indica que os seus respectivos formatos são muito eficazes para informar suas mecânicas de acionamento. De modo geral, houve uma tendência de ações adequadas às mecânicas de acionamento das botoeiras, contribuindo para a concepção de que as affordances podem ser guia visual para ações (FAJEN, 2007). Nesta análise, as botoeiras que se destacaram negativamente foram B1 com $AD=52\%$, $CD=20\%$ e $NA=28\%$. A botoeira que obteve o pior desempenho nesta condição foi B7 com $AD=36\%$, $CD=0\%$ e $NA=64\%$.

Realizando uma análise mais detalhada a respeito das ações realizadas para acionamento, observou-se que para B1 que possui formato retangular e mecanismo de girar, 52% das ações foram classificadas como girar (representado por AD) e 44% das ações foram classificadas como pressionar e 4% das ações foram classificadas como outras (CD e NA somadas). Isto sugere que o formato retangular é menos eficaz para informar o mecanismo de girar em comparação com o formato de B5. Além disso, os resultados de B1 se comparados com os resultados de B4, cujo formato também é retangular, sugerem que este formato é mais eficaz para informar o mecanismo de acionamento pressionar.

Vale destacar que o número de ações não adequadas de B1 e B7, provavelmente ocorreu devido a uma das limitações do experimento, no qual não havia qualquer circuito elétrico conectado aos acionamentos das botoeiras. O participante não obtinha informações proporcionadas pelo circuito para o acionamento efetivo ou não da botoeira, diminuindo a

quantidade de informações para o acionamento bem-sucedido se comparada com uma tarefa contextualizada. Como a percepção é uma relação entre agente e ambiente, a descontextualização da tarefa pode afetar o estabelecimento de relações informacionais para a ação (GIBSON 1986, LARGE 2011). Isto implica que a eficácia informacional de uma invariante pode variar conforme sua contextualização. No caso de um circuito elétrico conectado, o participante poderia ajustar sua ação até corresponder ao mecanismo de acionamento informado pelo circuito, contribuindo para aumentar as ações bem-sucedidas, como critério relevante para percepção de affordances (LARGE, 2011; FRANCHAK e ADOLPH, 2014). Desse modo, provavelmente haveria menor número de ações classificadas como NA, pois quando ajustadas atenderiam os critérios de classificação para CD.

Durante o experimento, a informação que o participante tinha a respeito do acionamento da botoeira era visual, tátil e/ou auditivo restrito à botoeira e, no caso de B7 em específico, o destravamento de seu mecanismo de retenção é girar causando um problema informacional para seu acionamento. Este mecanismo de destravamento desinformou os participantes que realizaram a ação girar sobre eles não terem acionado a botoeira adequadamente, contribuindo para a alta taxa de NA (64%) nessa condição.

Entretanto, apesar dessas limitações, destaca-se a importância das botoeiras não apresentarem dois mecanismos distintos que possam causar problemas informacionais a respeito de como acioná-la e como destravá-la. Isto foi observado pela ação de girar realizada em B7, correspondendo a 100% das ações classificadas como não adequadas. Entende-se que o formato de B7 foi eficaz em informar sobre seus dois mecanismos, porém não de forma especificada: qual corresponde à acionar a botoeira e qual a destravar a retenção.

Embora B7 obteve o pior desempenho na avaliação da eficácia para informar seu mecanismo de acionamento, seu formato é bastante eficaz para informar funções relacionadas à emergência se comparado com os demais formatos avaliados, como constatado pelo melhor resultado obtido nesta condição (40%). Como se subentende relações de reciprocidade entre agente-ambiente nas affordances (GONZALEZ *et al.*, 2000), o uso recorrente deste formato de botoeira em painéis para a função de emergência decorre de sua boa eficácia, constatada pela alta taxa de ações bem-sucedidas (FRANCHAK, ADOLPH, 2014). A alta taxa de sucesso, reforça o uso recorrente de maneira recíproca, tornando-o ao longo do tempo habitual e estereótipo de emergência. Entretanto, o estudo sugere alterações no seu mecanismo de destravamento da retenção ou de acionamento, de forma a reduzir os possíveis problemas informacionais que podem ser gerados pela botoeira ser girável e pressionável ao mesmo tempo.

É importante destacar como limitação do estudo, a falta de aleatoriedade na posição apresentada das botoeiras, o que pode ter influenciado os resultados. Como constatado em estudos experimentais, as condições de tempo e espaço podem estabelecer relações informacionais relevantes sobre tempo-para-contato e controle de ações em diferentes tarefas (BARDY, WARREN, 1997; FAJEN, 2007; FRANCHAK, ADOLPH, 2014). Nesse sentido, a posição consistente de apresentação das botoeiras pode ter influenciado a decisão e controle das ações dos participantes, tendo impacto nos resultados obtidos.

Considerações Finais



O presente estudo propôs avaliar a eficácia informacional dos formatos de botoeiras a partir da análise da percepção ação dos usuários em tarefas de acionamento de botões. Seu objetivo foi investigar as possíveis contribuições que a Filosofia Ecológica pode oferecer para desenvolver metodologias de avaliação em estudos de Design Ergonômico. Nesse sentido, destacou-se a possibilidade de avaliações sobre os aspectos informacionais de uma interface a partir de experimentos com ações observáveis.

Os resultados obtidos são sugestivos para uma padronização do formato das botoeiras de acordo com suas funções e mecanismos de acionamento. Os formatos avaliados como mais eficazes podem contribuir, do ponto de vista probabilístico, para diminuir a taxa de erro em tarefas que envolvem o acionamento de botoeiras por jovens adultos com idade média de 21,18 anos.

Outra consideração é que a falta de padronização do formato pode contribuir para a exigência significativamente superior da demanda mental se comparada com outros tipos de demandas (física, temporal, esforço e frustração), como os resultados obtidos pelo NASA-TLX indicaram. Desse modo, o presente estudo pode colaborar para diminuir as exigências de demanda mental em atividades que envolvem interfaces com botoeiras.

Um dos destaques de contribuição da Filosofia Ecológica para estudos em Design Ergonômico é considerar o ambiente como parte da interface envolvida no uso de um produto, relacionando-se mutuamente com o usuário e produto, compondo a interface usuário-produto-ambiente.

Como esses fatores são importantes para a percepção ação, sugere-se que futuros estudos utilizem formas de melhor simular as condições contextuais na qual a atividade deve ocorrer. Se necessário selecionar de forma apurada o perfil dos participantes que melhor correspondam aos potenciais usuários do produto em avaliação, minimizando os efeitos da descontextualização nas avaliações informacionais de uma interface, a fim de evitar possíveis impactos negativos na evidência do estudo.

Agradecimentos

Este estudo foi desenvolvido com apoio do CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil (Processo 403220/2016-5).

Referências

BARDY, Benoit G.; WARREN JR, William H. Visual control of braking in goal-directed action and sport. **Journal of Sports Sciences**, 15:6, 607-620, 1997.

BRASIL. (Conselho Nacional de Saúde) **Resolução 510/2016. CONEP-CNS-MS**, Brasília, DF: Presidência da República, 2016. Disponível em: <http://www.conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>. Acesso em 1 abr. 2022.

BRASIL^a. (Ministério do Trabalho e Previdência) **Norma Regulamentadora No. 10 (NR-10)**. Brasília, DF: Presidência da República, [2019]. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2022.



BRASIL^b. (Ministério do Trabalho e Previdência) **Norma Regulamentadora No. 12 (NR-12)**. Brasília, DF: Presidência da República, [2019]. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022.pdf>. Acesso em 1 jul. 2022.

BONSIEPE, Gui. **Design: do material ao digital**. Editora: FiescFlorianópolis. 1997. 192p.

BÜRDEK, Bernhard E. **Design History, Theory and Practice of Product Design**. Edgard Blücher, ed., São Paulo, 2006, p.496.

CAMPOS, Livia Flavia de Albuquerque. **Usabilidade, percepção estética e força de preensão manual: influência do 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.

CARDOSO, Mariane de Souza. **Avaliação da Carga Mental de Trabalho e o Desempenho de Métodos de Mensuração: NASA TLX e SWAT**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas. Área de Concentração: Ergonomia). Universidade Federal de Santa Catarina (USFC), Florianópolis, 2010.

CARDOSO, Rafael. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2012. 264p.

FACCA, Claudia Alquezar. **O designer como pesquisador: abordagem metodológica da pesquisa aplicada ao design de produtos**. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 213p., 2008.

FAJEN, Brett. Affordance-Based Control of Visually Guided Action. **Ecological Psychology**. 19(4):383-410. September 2007.

FEIBER, Fúlvio Natéreio. **O Ensino de Projetos Arquitetônicos e o Espaço Atelier: uma Abordagem Ergonômica**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina UFSC, Florianópolis, 2010.

FRANCHAK, John; ADOLPH, Karen. Affordances as Probabilistic Functions: Implications for Development, Perception, and Decisions for Action. **Ecological Psychology**, 26:1-2 109-124, 2014.

GIBSON, James Jerome. **The Ecological Approach to Visual Perception**. Psychology Press. Taylor & Francis Group. New York, NY. 332p. 1986.

GOBBI, Aline Girardi; SANTOS, Flávio Anthero Nunes Vianna dos. Técnicas de análise de carga mental aplicadas no Design de Interfaces Gráficas. **Human Factors in Design**, v.4, n.7, p 046-069, junho 2015.

GOMES FILHO, João. **Design do objeto: bases conceituais**. São Paulo: Escrituras Editora, 255p. 2006.

GONZALEZ, Maria Eunice Quilici; BROENS, Mariana Claudia; SERZEDELLO, Juliana. Auto-organização, Autonomia e Identidade Pessoal. Auto-organização: **Estudos Interdisciplinares**. Campinas: UNICAMP, pp. 69-81, 2000.



HART, Sandra; STAVELAND, Lowell. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. **Advances in Psychology**. Volume 52, p 139-183, 1988.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2ª edição. São Paulo: Blucher, 2005.

LANUTTI, Jamille Noretza de Lima. **A influência da função simbólica dos produtos de uso cotidiano na percepção e no esforço biomecânico: parâmetros para o design ergonômico**. 2013. 120 f. Dissertação (Mestrado em Design) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, 2013.

LARGE, David. What is Ecological Philosophy? Trad. Moroni, Gonzalez, Moraes. **In: Kínesis**, Vol. I II, n° 05, p. 349-355, Julho-2011.

LÖBACH, Bernd. **Design industrial – bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 206p.

MEIJER, Onno; ROTH, Klaus. **Complex movement behaviour: the motor-action controversy**: Amsterdam: North-Holland, 1988. 583p.

MIYAMOTO, Renata; MEIRA JR, Cássio. Tempo de reação e tempo das provas de 50 e 100 metros rasos do atletismo em federados e não federados. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**: Porto, vol. 4, n° 3, p.42–48, 2004.

NORMAN, Donald. **Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things**. New York: Basic Books, 2004. 256p.

NORMAN, Donald. **O Design do Dia-a-dia**. Rio de Janeiro: Rocco, 2006. 272p.

PASCHOARELLI, Luis Carlos. **Usabilidade aplicada ao design ergonômico de transdutores de ultra-sonografia**: uma proposta metodológica para avaliação e análise do produto. 2003. 142 p. Tese (Doutorado) – UFSCar, São Carlos, 2003.

PASCHOARELLI, Luis Carlos; SILVA, José Carlos Plácido da. Design Ergonômico: uma revisão dos seus aspectos metodológicos. **In: Conexão – Comunicação e Cultura**, UCS, Caxias do Sul, v. 5, n. 10, jul./dez. 2006.

SANTOS, Aline Darc Piculo dos; FIGLIOLIA, Amanda Coelho; OLIVEIRA, Jessica.; GARCIA, Lucas Jorge; BOTURA JUNIOR, Galdenoro; MEDOLA, Fausto Orsi; PASCHOARELLI, Luis Carlos. Avaliação de usabilidade e percepção de esforço/desconforto durante a operação de artefato de uso doméstico: a influência do design do produto. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 8, p. 12788-12804 aug. 2019.

SHANNON. Claude Elhood. A Mathematical Theory of Communication. **The Bell System Technical Journal**, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, July, October, 1948.

SOARES, João Marcelo Ribeiro; RODRIGUES, Sergio Tosi; PASCHOARELLI, Luis Carlos. Ergonomia, Affordance, Leitura e Taxa de Piscadas. **In: Conference: XV Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-tecnologia - Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-computador**. Junho 2015.



VALDEHITA, Suzana Rubio; MORENO, Lourdes Luceño; GARCIA, Jesús Martín; DÍAZ, Marian Jaén. Models and Procedures of Evaluation of the Mental Workloads. *EduPsykhé. Revista de Psicología Y Educación*. Vol. 6, No. 1, 85-108. 2007

VALDEHITA, Susana Rubio; RAMIRO, Eva Díaz; GARCIA, Jesús Martín; PUENTE, José M. Evaluation of Subjective Mental Workload: A Comparison of SWAT, NASA-TLX, and Workload Profile Methods. *Applied Psychology: International Review*, v. 53, n. 1, p. 61-86, 2004.

Sobre os autores

Leonardo Queiroz Assis Poletto

Doutorando no PPG em Design pela FAAC-UNESP/Bauru. Mestrado em Filosofia pela FFC-UNESP/Marília. Tem experiência na área de Filosofia, com ênfase em Epistemologia, atuando nos seguintes temas: percepção direta, informação ecológica e tecnologias de informação e comunicação. Integrante do Laboratório de Informação, Visão e Ação – LIVIA do departamento de Educação Física da UNESP/Bauru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7531-6585>

Nilton Cesar Ferst

Doutorando no PPG em Design pela FAAC-UNESP/Bauru. Mestrado em Engenharia de Produção no CTC-UFSC. Especialização em Magistério Superior pela Faculdade Espírita – Curitiba/Pr. Formado em Educação Física pela PUC-Pr. Professor da Secretaria de Educação do Estado do Amazonas – SEDUC-AM. Integrante do Laboratório de Informação, Visão e Ação – LIVIA do departamento de Educação Física da UNESP/Bauru.

ORCID: [https://orcid/org.0000-0002-9684-8983](https://orcid.org.0000-0002-9684-8983)

Luis Carlos Paschoarelli

Professor Titular no Departamento de Design da FAAC-UNESP/Bauru. Livre-Docente em Design Ergonômico FAAC-UNESP/Bauru. Pós-doutorado em Ergonomia FMH-LISBOA. Doutorado em Engenharia de Produção UFSCar. Mestrado em Desenho Industrial e graduação em Desenho Industrial FAAC-UNESP/Bauru. Docente no curso de graduação em Design e do Programa de Pós-graduação (mestrado e doutorado) em Design da FAAC-UNESP/Bauru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4685-0508>