



Recebido em: 14/06/2024.

Aceito em: 03/08/2024.

Revista SODEBRAS – Volume 19
Nº 221 – MAIO/ AGOSTO - 2024

DELINEAMENTO DE EXPERIMENTOS (DoE) E NEUROERGONOMIA APLICADOS EM PROCESSOS FABRIS

DESIGN OF EXPERIMENTS (DoE) AND NEUROERGONOMICS APPLIED IN MANUFACTURING PROCESSES

Roque Antônio de Moura¹
Gian Fernando Cerqueira dos Anjos²
Mayara Cortez Monteiro³
Blaha Gregory Correia Santos Goussain⁴
Messias Borges Silva⁵

Resumo - O planejamento ou projeto de experimentos (DoE) tem sido referenciado como uma importante ferramenta pela sua agilidade e economicidade de experimentos, gerando menores gastos econômicos. O objetivo desta pesquisa é testar um fatorial completo com dois níveis, três variáveis de controle e replicado três vezes para encontrar o tempo mais rápido no processo de montagem de uma mockup escala 1:18. Com uma abordagem neuroergonômica, os fatores gênero, postura de trabalho e mão dominante foram claramente descritos e combinados. Três réplicas buscam o tempo de montagem mais rápido entre os gêneros ((-) masculino ou feminino (+)), postura de trabalho ((-) em pé ou sentado (+)) e mão ((-) esquerda ou direita (+)). A metodologia incluiu revisão conceitual nas plataformas Scopus e Web of Science, utilização do software estatístico minitab e construção de mockup em madeira na escala 1:18 para montagem de rodas, luzes e para-choques com parafusos e porcas. O resultado utilizou modelos matemáticos, gráficos e equações disponíveis no software minitab e encontrou a melhor combinação da variável resposta e interações dos fatores masculino, em pé e mão direita. Conclui-se que o DoE é uma importante ferramenta estatística e de gestão corroborada por gráficos e p-valor < 0,05 para se obter a melhor resposta de forma ágil e econômica.

Palavras-chave: Aprendizado estatístico; DoE; Fatorial completo; Mockup; Projeto de experimentos.

Abstract - The design or project of experiments (DoE) has been referenced as an important tool due to its agility and economicity of experiments, generating lower economic expenditure. The objective of this research is to test a full factorial with two levels, three control variables and replicated three times to find the faster assembly time in the assembly process of a 1:18 scale mockup. With a neuroergonomic approach, the factors gender, working posture and dominant hand were clearly described and combined. Three replicas

¹ Doutor em Engenharia Biomédica. Contato: roque.moura@unesp.br

² Mestrando em Engenharia Química pela EEL-USP. Bolsista Capes. Contato: giancerqueira@usp.br

³ Mestranda em Biotecnologia Industrial pela EEL-USP. Bolsista Capes. Contato: maycmonteiro@usp.br

⁴ Doutorando em Engenharia de Produção. Contato: blaha.goussain@unesp.br

⁵ Doutor em Engenharia Química. Contato: messias.silva@unesp.br

seek the fastest assembly time between genders ((-) male and female (+)), working posture ((-) standing and sitting (+)) and hand ((-) left and right (+)). The methodology included a conceptual review on the Scopus and Web of Science platforms, use of minitab statistical software and the construction of a 1:18 scale mockup in wood to assemble wheels, lights and bumpers with screws and nuts. The result used mathematical models, charts and equations available in the minitab software and found the best response variable combining and its interactions of the factors male, standing and right hand. In conclusion, the DoE is an important statistical and management tool corroborated by charts e p-value < 0.05 to obtain the best response variable in an agile and more economical way.

Keywords: *Statistical learning; DoE; Full factorial; Mockups; Design of experiments.*

I. INTRODUÇÃO

Projeto de experimentos ou delineamento de experimentos (DoE) busca por meio da estatística e um rol de dados coletados, variáveis independentes e dependentes combinados de forma randomizada para construir o saber científico e tomar decisões ao se identificar como as variáveis experimentadas impactam na variável resposta e assim verificar qual a melhor combinatória experimental para auferir o resultado esperado (Antony *et al.*, 2020).

DoE trata cientificamente os experimentos, sendo imprescindível a estatística para suportar as amostras e verificar a confiabilidade dos testes, iniciando sempre por um bom planejamento, análise estatística e concluindo com a interpretação e estudo dos efeitos apurados. Como uma prática científica dinâmica, irrestrita e ilimitada, identifica e avalia fatores importantes na otimização de respostas buscando-se favorecer processos e sistemas apoiando-se com aplicação do *design thinking* e abordagem Taguchi (Montgomery, 2012; Rejikumar *et al.*, 2022).

No contexto da indústria transformadora, algumas das competências essenciais exigidas para gestores e estrategistas no desenvolvimento ou melhoria de processos são habilidades de planejamento, habilidades estatísticas e saber trabalhar em equipe (Mason; Antony, 2000; Moura *et al.*, 2022). No entanto, para ter sucesso em aprender ou desenvolver uma habilidade, do ponto de vista neuroergonômico, o equilíbrio físico-mental precisa respeitar o limite de carga mental dos indivíduos visando facilitar seu aprendizado (Moura *et al.*, 2024).

Neuroergonomia e seus princípios, combinam as palavras neuro e ergonomia relacionados a psicofisiologia dos indivíduos (Corti, 2022) e a capacidade do estado psicológico com o estado físico, pensamentos, emoções e comportamentos (Bu *et al.*, 2023).

Como uma área emergente, coletivamente, a neuroergonomia se preocupa com a função cerebral humana em relação ao desempenho comportamental (Longo *et al.*, 2022) haja vista que, o excesso de carga físico-mental humana é um dos fatores neuroergonômicos que dificultam o aprendizado e levam ao estresse, fadiga mental e absenteísmo (Oshin *et al.*, 2023).

Nesse sentido, o aprendizado será mais sustentável se teoria e prática caminharem juntos, partindo da premissa que a absorção pela memória permanente se relaciona com as emoções durante a prática e o desenvolvimento das habilidades ocorre após repetições e treinamentos ao se executar uma tarefa ou ação de forma eficaz e eficiente respeitando o limite físico-mental dos indivíduos (Crawley *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2023).

Haridy, Gouda e Wu (2011) comentam que o DoE é um método estruturado e organizado para determinar o relacionamento de diversos fatores de entrada com a

resposta do processo. Para as variáveis independentes ou fatores controláveis (Derringer; Suich, 1980), após os cálculos, análises estatísticas detalhadas e interpretação dos respectivos efeitos, com tolerâncias e níveis de cada fator definido no processo (Barros Neto; Scarminio; Bruns, 2007).

O primeiro experimento conhecido ocorreu na Inglaterra nos anos 20, ao se buscar determinar uma ótima condição de água, luz do sol, fertilizante e solo, necessários para produzir a melhor colheita agrícola (Barros Neto; Scarminio; Bruns, 2007; Antony *et al.*, 2020).

Segundo Shah e Naghi (2017) para as indústrias que anseiam estoques mínimos, o DoE testa, investiga e interpreta os efeitos e seus impactos embasados na confiabilidade estatística para propor melhorias nas organizações e alcançarem um processo homocedástico.

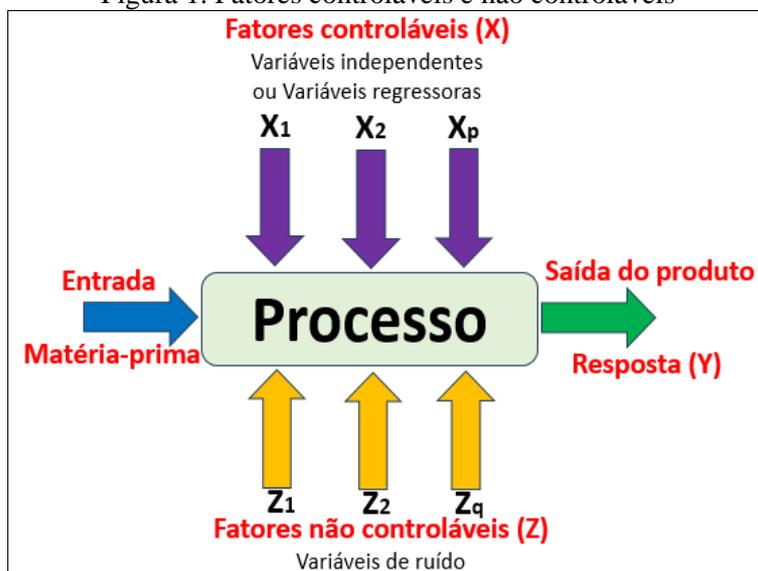
Nesse sentido, esta pesquisa analisa o hiato do gênero na indústria de transformação brasileira, considerando a composição da força laboral para atingir a máxima produtividade (Tyagi; Mehta, 2022) comparando montadores do gênero masculino e feminino, sem desprezar o histórico de que a maioria das empresas foram equipadas com máquinas e equipamentos embasadas na antropometria masculina, ou seja, o gênero feminino para produzir o mesmo volume e portanto, no mesmo ritmo, precisa usar um maior esforço físico-mental, que podem ser observados com auxílio da tecnologia portátil e modelos matemáticos de simulação (Moura; Moura, 2019)

II. REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Antony *et al.* (2020), o DoE é uma ferramenta estatística de vanguarda para os processos partindo da análise e efeitos das variáveis independentes ou controláveis, variáveis dependentes ou não controláveis e as variáveis de ruído ou indesejadas. Fatores controláveis, geralmente são representados pela letra “X” e fatores não controláveis geralmente representados pela letra “Z”.

Ambos os fatores controláveis ou não, interferem na variável resposta ou de saída do processo geralmente representada pela letra “Y” conforme ilustrado na Figura 1 (Derringer; Suich, 1980; Barros Neto; Scarminio; Bruns, 2007; Montgomery, 2012).

Figura 1. Fatores controláveis e não controláveis



Fonte: Autores (2024).

Complementando as ferramentas disponíveis relacionadas ao DoE, destacam-se ainda os métodos de Taguchi e o da Superfície de Resposta, que identificam as relações

entre as variáveis de entrada e a de saída por meio de soluções robustas (Bobadilla *et al.*, 2017; Parnianifard *et al.*, 2019).

Os resultados dos experimentos podem ser verificados estatisticamente pelas análises das variâncias das respostas médias, da razão sinal e ruído e pelos testes de significâncias que culminam na determinação do erro experimental (Wivedi *et al.*, 2024).

Segundo Derringer e Suich (1980), no DoE, a otimização de um processo ou sistema se refere ao uso de métodos estatísticos para encontrar a melhor configuração possível dos fatores que influenciam o desempenho em questão, objetivando maximizar uma resposta desejável como a produção, a qualidade ou a eficiência ou minimizar uma resposta indesejável como o custo, o tempo de ciclo ou o desperdício ou ainda normalizar o processo conforme Quadro 1.

Quadro 1. Índices, modelos e metas para se otimizar um processo ou sistema

Objetivo	Características	Representação gráfica
Minimizar	O valor da função <i>Desirability</i> aumenta enquanto o valor da resposta original se aproxima de um valor alvo mínimo. Abaixo do alvo, $d = 1$; acima do limite superior, $d = 0$.	
Normalizar	Quando a resposta se move em direção alvo, o valor da função <i>Desirability</i> aumenta. Acima ou abaixo dos limites, $d = 0$; no alvo $d = 1$.	
Maximizar	O valor da função <i>Desirability</i> aumenta quando o valor da resposta aumenta. Abaixo do limite inferior, $d = 0$; acima do alvo, $d = 1$.	

Fonte: Derringer e Suich (1980).

Processo Homocedástico

Um processo homocedástico prevê uma normalidade aceitável dos resultados (Kumar; Kumar, 2024). Um dos métodos para se analisar a homoscedasticidade é o teste desenvolvido por Breusch e Pagan baseado na técnica dos multiplicadores de Lagrange e aplicável ao assumir a hipótese nula. No DoE um dos problemas fundamentais da estatística é verificar igualdade nas variâncias, baseando-se na normalidade dos erros e na igualdade entre as variâncias (Chang; Pal; Lin, 2017, Voss *et al.*, 2017).

Resíduos no DOE

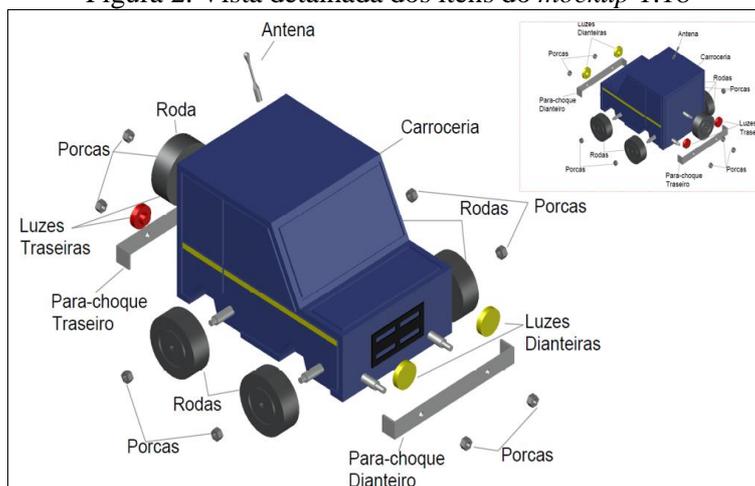
Segundo Montgomery (2012), os resíduos incidem a partir da variabilidade dos fatores como flutuações aleatórias, imprecisão dos instrumentos de medida e diferenças entre os materiais utilizados, ou seja, parte inerente dos experimentos, os resíduos também são conhecidos como erros experimentais, por reduzir a precisão, aumentar a incerteza e dificultar a interpretação dos dados e erros. Os resíduos podem ser minimizados com um planejamento rigoroso, controle das variáveis, análise estatística adequada e calibração dos equipamentos de medida (Moura; Moura, 2019).

III. MATERIAIS E MÉTODO

Materiais

Esta pesquisa aplicada, explora quantitativamente o método experimental utilizando um computador com *software* minitab e um celular para registrar e cronometrar a montagem de oito experimentos com três réplicas realizados por dois voluntários sendo do gênero masculino e outro do gênero feminino que realizar oito experimentos com três réplicas para encontrar entre os fatores gênero dos montadores, postura de trabalho e mão dominante a combinação que ofereça uma melhor resposta com um menor tempo na montagem sem danos de um *mockup* escala 1:18 conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2. Vista detalhada dos itens do *mockup* 1:18



Fonte: Autores (2024).

Método

A metodologia adotada contou com o procedimento:

- Definição de como montar um *mockup* escala 1:18 no menor tempo e sem ocorrência de danos.
- Identificação dos fatores e seus níveis: 1º Fator o gênero dos montadores e seus níveis (-) masculino e (+) feminino; 2º Fator a postura de trabalho e seus níveis (-) sentado e (+) em pé; 3º Fator a mão dominante e seus níveis (-) direita e (+) esquerda.
- Escolha do fatorial completo: 3 fatores, 2 níveis e três réplicas.
- Execução do experimento com auxílio de dois voluntários (um masculino e um feminino) que de forma aleatória para minimizar os erros e ruídos montaram o veículo 1:18, com tempo de montagem medido com cronômetro digital em condições de iluminação, ambiente e temperatura controlados.
- Análise estatística com auxílio do *software* Minitab.
- Interpretação dos Resultados.
- Validação do experimento com replicação em condições reais de operação.
- Implementar a melhor configuração dos fatores identificada.
- Registrar e documentar para prática de melhoria contínua.

Realização dos experimentos

Utilizando um fatorial completo de 2^3 , randomizado com dois níveis, três fatores e três réplicas montou-se um *mockup* escala 1:18 conforme Quadro 2.

Quadro 2. Fatores e seus níveis

Fatores	(-)	(+)
A. Gênero montador	Masculino	Feminino
B. Postura trabalho	Em pé	Sentado
C. Mão dominante	Direita	Esquerda
Variável resposta	Tempo montagem em segundos sem danos (menor é melhor)	
Regra Ergonômica #1	Qualquer ruído no encaixe considera-se dano material (+30 segundos)	
Regra Segurança #2	Queda de item na montagem considera-se dano pessoal (+40 segundos)	
Regra Montagem #3	Sequência para montar: Rodas-Luzes-Para-choques (interrompe e reinicia)	
Regra Qualidade #4	Verificar apertos das porcas Rodas e Para-choques (interrompe e verifica)	

Fonte: Autores (2024).

Desenho dos experimentos

Usando fatorial completo 2^3 foram combinados todos os fatores e seus níveis em 24 experimentos realizados por dois voluntários de ambos os gêneros conforme Quadro 3.

Quadro 3. Tomadas de tempos na montagem veículo 1:18 com três réplicas

Experimento	Gênero	Postura	Mão	Tempo1 (primeira)	Tempo2 (réplica)	Tempo3 (tréplica)	Média
1	-	-	-				
2	+	-	-				
3	-	+	-				
4	+	+	-				
5	-	-	+				
6	+	-	+				
7	-	+	+				
8	+	+	+				

Fonte: Autores (2024).

Ordem aleatorizada dos Experimentos

Os experimentos foram realizados de forma randomizada para minimizar erros das tendências sistemáticas nas variáveis conforme Quadro 4.

Quadro 4. Sequência aleatório dos experimentos realizados

Experimento	Níveis dos Fatores	Ilustração
1	(-) Masculino, (-) Em pé, (-) Direita	
2	(+) Feminino, (-) Em pé, (-) Direita	
3	(-) Masculino, (+) Sentado, (-) Direita	
4	(+) Feminino, (+) Sentado, (-) Direita	
5	(-) Masculino, (-) Em pé, (+) Esquerda	
6	(+) Feminino, (-) Em pé, (+) Esquerda	
7	(-) Masculino, (+) Sentado, (+) Esquerda	
8	(+) Feminino, (+) Sentado, (+) Esquerda	

Fonte: Autores (2024).

Coleta de dados e análise estatística

Os tempos em segundos foram coletados nos 24 experimentos realizados (387, 339, 389, 367, 429, 524, 508, 546, 465, 440, 390, 367, 429, 324, 408, 496, 365, 440, 330, 367, 301, 324, 308, 596) e analisados por modelos matemáticos em *software* estatístico.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para se atingir um menor tempo de montagem é preciso identificar significativamente as melhores configurações seguindo um desenho experimental, validação estatística e interpretação das interações conforme Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis e níveis independentes usados nos experimentos realizados

Variáveis independentes	(-)	(+)
-------------------------	-----	-----

Gênero dos montadores	Masculino	Feminino
Postura de montagem	Em pé	Sentado
Mão dominante	Direita	Esquerda

Fonte: Autores (2024).

Na análise da variância, a significância estatística usa o valor de F para determinar se pelo menos um dos fatores tem um efeito significativo na variável resposta, partindo do princípio de que um valor de F alto sugere que a hipótese nula pode ser rejeitada, considerando a média dos quadrados entre os grupos pela variância devido nos tratamentos e pela média dos quadrados nos grupos em função da variância devido ao erro.

Ao se comparar o valor de F calculado com o valor tabelado (crítico), rejeita-se a hipótese nula se o valor de F calculado for maior ou igual ao valor de F tabelado, indicando que há um efeito significativo.

O valor de F encontrado foi de 4,99 com p valor < 0,04 implicando ser este fator em questão, estatisticamente significativo para um nível de confiança de 95%. Quanto menor o p-valor do fator estudado, maior a sua significância conforme Tabela 2.

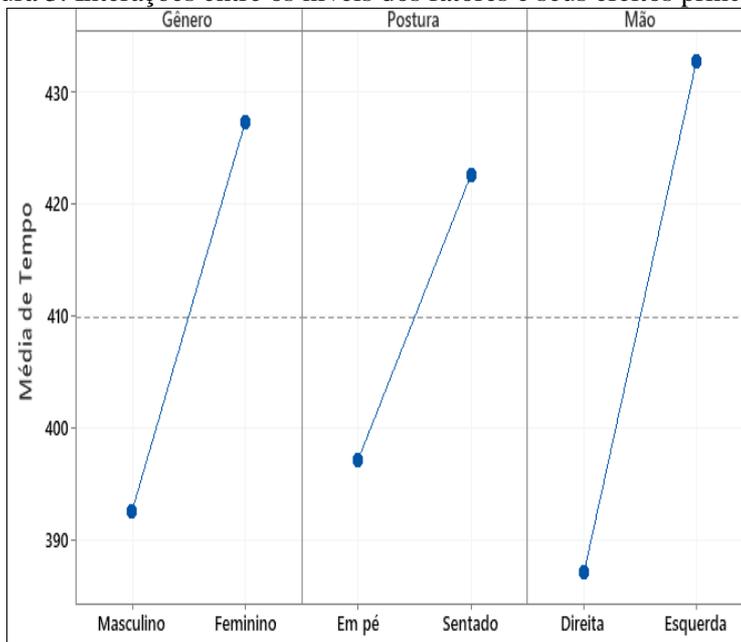
Tabela 2. Análise de variância dos três Fatores e suas interações

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Soma Média Quadrática	Valor de "F"	p-valor
Linear					
Gênero montadores	7234	1	7233,9	1,50	0,73
Postura de trabalho	3901	1	3900,8	0,81	0,38
Mão dominante	12513	1	12513,7	2,59	0,13
Interação 2 fatores					
Gênero*Postura	6381	1	6381,1	1,32	0,27
Gênero*Mão	7824	1	7823,8	1,62	0,22
Postura*Mão	24067	1	24067,2	4,99	0,04
Interação 3 fatores					
Gênero*Postura*Mão	7027	1	7026,7	1,46	0,25
Erro	77241	16	4828		

Fonte: Autores (2024).

Conforme ilustra a Figura 3, a escolha da melhor alternativa e possibilidade na busca pela melhor variável resposta, das amostras analisadas em relação ao menor tempo de montagem, a diferença entre gêneros dos montadores, masculino (394 segundos) e feminino (428 segundos), o gênero masculino foi mais rápido. Em relação a postura de trabalho para um menor tempo de montagem, verificando que para as posturas em pé (397 segundos) e sentado (423 segundos), trabalhar em pé foi mais rápido. Quanto ao uso da mão para montar, a mão direita (385 segundos) em comparação com a mão esquerda (433 segundos) foi mais produtiva.

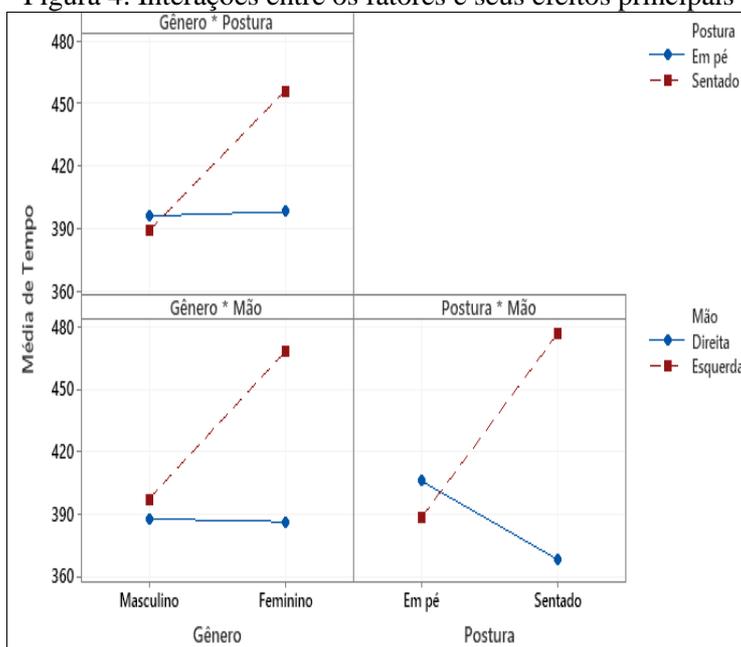
Figura 3. Interações entre os níveis dos fatores e seus efeitos principais



Fonte: Autores (2024).

Na Figura 4, é ilustrado as interações entre fatores e seus efeitos principais na variável resposta, quanto menor melhor.

Figura 4. Interações entre os fatores e seus efeitos principais



Fonte: Autores (2024).

A relação entre os fatores “gênero e postura” e “gênero e mão” não foram estatisticamente significantes.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, o projeto de experimentos (DoE) buscou por meio da estatística e um rol de dados, as variáveis independentes e dependentes combinados de forma randomizada para construir o saber científico e tomar decisão após identificar como as

variáveis experimentadas impactam na variável resposta e ainda verificar qual a melhor combinatória experimental para auferir o resultado esperado.

O valor estatístico de F, fundamental no DoE, avaliou as diferenças das médias tratadas encontrando significâncias estatísticas entre elas fornecendo *insights* valiosos sobre a influência dos fatores no resultado do experimento de montagem.

Para os interessados que não são especialistas em estatística ou que não possuam um *software* especializado, o aprendizado será mais sustentável se a teoria e a prática caminharem juntos, partindo da premissa que a absorção pela memória permanente se relaciona com as emoções durante a prática repetitiva e o desenvolvimento conceitual com treinamentos sem transpor o limite físico-mental conforme previsto pelos princípios neuroergonômicos.

Como resultado, o uso de modelos matemáticos, gráficos e equações disponíveis foram importantes para se identificar que a melhor combinação de fatores e respectivos níveis, identificou que a melhor variável resposta, ou seja, para uma montagem mais rápida do *mockup*, detectou-se que as interações entre os fatores gênero masculino, postura de trabalho em pé e uso da mão direita foram mais produtivos, ou seja, consumiram menor tempo para montar.

Conclui-se que o DoE é uma importante ferramenta estatística e de gestão atual corroborada por modelos matemáticos, gráficos, significância estatística com p-valor < 0,05 para se obter a melhor resposta de forma ágil e econômica. Como trabalho futuro sugere-se uma amostra maior e fazer durante o processo de montagem medições da atividade cerebral.

VI. REFERÊNCIAS

ANTONY, J.; VILES, E.; TORRES, A. F.; PAULA, T. I.D.; FERNANDES, M.M.; CUDNEY, E. A. (2020). Design de experimentos na indústria de serviços: uma revisão crítica da literatura e direções de pesquisas futuras. The TQM Diário , vol. 32 N° 6, pp. DOI: <https://doi.org/10.1108/TQM-02-2020-0026>

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. [S. l: S.N.]. Campinas/SP. Editora Unicamp. 2007. ISBN: 85-268-0544-4.

BOBADILLA, M. C. et al. An improvement in biodiesel production from waste cooking oil by applying thought multi-response surface methodology using desirability functions. *Energies*, v. 10, n. 1, 2017.

BU, L., QU, J., ZHAO, L., ZHANG, Y., WANG, Y. A neuroergonomics approach to assessing motor performance in stroke patients using fNIRS and behavioral data (2023) *Applied Ergonomics*, 109. No. 103979. DOI: 10.1016/j.apergo.2023.103979. Scopus

CHANG, C. H.; PAL, N.; LIN, J. J. A revisit to test the equality of variances of several populations. *Communications in Statistics: Simulation and Computation*, v. 46, n. 8, p. 6360–6384, 14 set. 2017.

CORTI, L. (2022) The role of neuroergonomics in the design of personalized prosthesis: deepening the centrality of human being. *Front. Neurobot.* pp16:867115. DOI: 10.3389/fnbot.2022.867115

CRAWLEY, E. F.; JOHAN M.; SÖREN Ö.; DORIS R. B.; KRISTINA E. Rethinking Engineering Education. The CDIO Approach 2nd Edition. Springer. ISBN 978-3-319-05560-2 ISBN 978-3-319-05561-9 (eBook). 2014. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. DOI:10.1007/978-3-319-05561-9.

DERRINGER, G.; SUICH, R. (1980) Simultaneous optimization of several response variables, *Journal of Quality Technology*, 12:4, pp: 214-219, DOI: 10.1080/00224065.1980.11980968

HARIDY, S.; GOUDA, S. A.; WU, Z. An integrated framework of statistical process control and design of experiments for optimizing wire electrochemical turning process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 53, n. 1–4, p. 191–207, mar. 2011.

KUMAR, N.; KUMAR, J. Experimental investigation of productivity and surface integrity features in trim cut WEDM operation of hybrid metal matrix composite, *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*, V. 7, Issue 3, 2024, Pp. 426-437, ISSN 2588-8404, DOI: 10.1016/j.ijlmm.2024.01.002.

LONGO, L.; WICKENS, C. D.; HANCOCK, P. A.; HANCOCK, G. M. Human mental workload: a survey and a novel inclusive definition. (2022) *Frontiers in Psychology*, 13, art. no. 883321. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.883321. Source: Scopus

MASON, B.; ANTONY, J. (2000). Statistical process control: an essential ingredient for improving service and manufacturing quality. *Managing Service Quality: An International Journal*, Vol. 10 No. 4, pp. 233-238.

MONTGOMERY, Douglas C. 2012. Design and analysis of experiments. Eighth Edition. Arizona State University. Editora: John Wiley & Sons, Inc. QA279.M66 2012. ISBN 978-1118-14692-7

MOURA, R. A.; JESUS, N. M. R.; SOUZA, R. S. Antropometria e ergonomia como ferramentas de vanguarda produtivas nas indústrias do futuro. *Revista Sodebras*. Vol. 14. Ed.157. 2019, p.109-112. ISSN. 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.157.109>

MOURA, R. A.; MOURA M. L. S. Aplicação da engenharia estrutural segura na montagem do veículo “baja” para aprendizado acadêmico e aprimoramento profissional dos discentes. *Revista Sodebras [on-line]*. vol. 14. n° 12, pp 31-36. junho/2019. ISSN 1809-3957. DOI: 10.29367/issn.1809-3957.14.2019.162.31

MOURA, R. A., OLIVEIRA, M. R., GOUSSAIN, B. G. C. S., & SILVA, M. B. (2024). Neuroergonomics applied in production Engineering to improve workers' performance and sense of well-being: Neuroergonomia aplicada na Engenharia de produção para melhorar o desempenho e a sensação de bem-estar dos trabalhadores. *Concilium*, 24(6), 535-548. DOI:10.53660/CLM-3181-24F35

MOURA, R.; RICETTO, M.; LUCHE, D.; TOZI, L. AND SILVA, M. (2022). New Professional Competencies and Skills Learning towards Industry 4.0. In *Proceedings of the 14th International Conference on Computer Supported Education - Volume 2:*

CSEDU, ISBN 978-989-758-562-3, pp. 622-630. ISSN 2184-5026. DOI: 10.5220/0011047300003182

OLIVEIRA, M.; MOURA, R; SILVA, M. 2023. Priming memory and its important role in learning and in the social and professional behavior of individuals: Memória Priming e seu importante papel no aprendizado e no comportamento social e profissional dos indivíduos. Vol. 23. DOI: 10.53660/CLM-2382-23S10. Revista Concilium

OSHIN, T.; TIASH R. M.; RANJANA K. M. Neurophysiological, muscular, and perceptual adaptations of exoskeleton use over days during overhead work with competing cognitive demands, Applied Ergonomics, Vol. 113. 2023. DOI: 10.1016/j.apergo.2023.104097

PARNIANIFARD, A. et al. Trade-off in robustness, cost and performance by a multi-objective robust production optimization method. International Journal of Industrial Engineering Computations, v. 10, n. 1, p. 133–148, 2019.

REJIKUMAR, G.; ASWATHY, A.; JOSE, A.; SONIA, M. (2022). Uma aplicação colaborativa do design thinking e da abordagem Taguchi no design de serviços de restaurantes para o bem-estar alimentar. Journal of Service Theory and Practice, Vol. 32 Nº 2. DOI: https://doi.org/10.1108/JSTP-12-2020-0284

SHAH, S. R.; NAGHI G. E. (2017), “Produção enxuta e inovação na cadeia de suprimentos em fornecedores de alimentos assados para melhorar o desempenho”, British Food Journal, Vol. 119 No. 11, pp. DOI: https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2017-0122

TYAGI, O.; MEHTA, R. K. Mind over body: A neuroergonomics approach to assessing motor performance under stress in older adults. Applied Ergonomics. 2022. PMID: 35086006. 101:103691. DOI: 10.1016/j.apergo.2022.103691.

VOSS, D.; DEAN, A.; DRAGULJIC, D. Design and Analysis of Experiments. Springer Texts in Statistics. 2nd. ed. New York: Springer, 2017.

WIVEDI S, TATA RAO L, GOEL S, DUBEY SK, JAVED A, GOEL S. 2024. Análise estatística e otimização de células de combustível usando o projeto de experimento. Anais da Instituição de Engenheiros Mecânicos, Parte E: Journal Process Mechanical Eng. 2024; 238(1):280-287. DOI: 10.1177/09544089221142427

VII. COPYRIGHT

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.