

INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO CONFORTO HUMANO NA OPERAÇÃO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

NICOLE VIANA DA SILVA¹, HÉLITON PANDORFI², MARCOS VINÍCIUS DA SILVA³, GLEDSON LUIZ PONTES DE ALMEIDA⁴, ANTÔNIO TRAVASSOS SOBRINHO², RODES ANGELO BATISTA DA SILVA³

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRPE, Fone: (81) 98373617, email: nicollevianasilva@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor do departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife-PE, Fone: (81) 99992-9495, e-mail: heliton.pandorfi@ufrpe.br

³ Engenheiro Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife-PE, Fone: (64) 99224-7907, e-mail: marcolino_114@hotmail.com

⁴ Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor do departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife-PE, Fone: (81) 99944-7433, e-mail: gledson81@hotmail.com

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: A complexidade de fenômenos termoacústicos que englobam a operação de tratores agrícolas requer análise de uma grande quantidade de dados. Dessa forma, objetivou-se verificar o efeito termoacústico na frequência cardíaca de um operador de trator agrícola por meio da análise de componentes principais. O registro de dados na plataforma de trabalho do operador foi durante as operações de aração, gradagem e sulcagem, em áreas de cultivo de cana-de-açúcar de 4,3 ha, localizadas no município Carpina - PE. Em todas as operações de preparo periódico do solo foram registradas as variáveis termohigrométricas do ar, ruído, velocidade do vento e utilizada uma câmera termográfica para obtenção de imagens térmicas de pontos do corpo do operador, além do monitoramento cardíaco, durante a execução dos trabalhos. Os dados foram submetidos à análise de componentes principais (ACP), o teste de Kaiser-Meyer-Olkin indicou a existência de correlação intermediária entre as variáveis e o teste de esfericidade de Bartlett apresentou $P < 0,01$. O emprego da análise de componentes principais permitiu identificar conjunto de variáveis correlacionadas, destacando a intensidade e duração do ruído no aumento da frequência cardíaca do operador.

PALAVRAS-CHAVE: análise de componentes principais, conforto humano, imagem térmica

EXPLORATORY INFERENCE OF HUMAN COMFORT IN THE OPERATION OF AGRICULTURAL MACHINES

ABSTRACT: The complexity of thermoacoustic phenomena that include the operation of agricultural tractors requires big data analysis. Thus, the aim was to verify the thermoacoustic effect on an operator's heart rate of human comfort conditions in an agricultural tractor through the principal components analysis. The data recording on the operator's work platform was during the plowing, harrowing and groove operations, in sugarcane cultivation areas of 4.3 ha, located in the municipality Carpina - PE. In all operations of periodic soil preparation, the thermohygro-metric variables of the air, noise, wind speed were recorded and a thermographic camera was used to obtain thermal images of points of the operator's body, beyond cardiac monitoring, during the execution of the works. The data were submitted to

principal component analysis (PCA), the Kaiser-Meyer-Olkin test indicated the existence of an intermediate correlation between the variables and the Bartlett sphericity test showed $P < 0.01$. The use of principal component analysis allowed the identification of a set of correlated variables, highlighting the intensity and duration of the noise in the increase in the operator's heart rate.

KEYWORDS: principal component analysis, human comfort, thermal image

INTRODUÇÃO: A ergonomia pode ser definida como a ciência das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, com ênfase na melhoria de processos e projetos de forma não dissociada, integrada à segurança nas atividades de trabalho humano (BAESSO et al., 2015). O projeto dos tratores agrícolas, até pouco tempo, era focado na sua maximização e eficiência, em detrimento do fator humano. No entanto, segundo Andersson et al. (2015) o aumento no rigor das normas de segurança no trabalho, conduz ao aprimoramento de condições de ergonomia e segurança para o operador. A mecanização agrícola é essencial à agricultura, no entanto, durante sua prática os operadores de tratores ainda se expõem a agentes de estresse, que deprimem sua eficiência de trabalho (SANDI et al., 2018; SARAIVA et al., 2018). Dessa forma, percebe-se a necessidade de procedimentos de análises e interpretação adequados para a extração das informações, principalmente para tomada correta de decisões que permita o gerenciamento mais eficiente e crescimento na produtividade laboral (MARTINS et al., 2017; MASSRUHÁ & LEITE, 2016). Diante disso, objetivou-se verificar o efeito termoacústico na frequência cardíaca de um operador de trator agrícola por meio da análise de componentes principais.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa foi conduzida em áreas de cultivo de cana-de-açúcar de 4,3 ha, localizado no município de Carpina - PE (latitude 7°51'S, longitude 35°14'W e altitude de 180 m). O clima da região é caracterizado como megatérmico (As') com precipitação de inverno e estação seca do verão até outono, segundo classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014). O registro de dados na plataforma de trabalho do operador (temperatura do ar, °C; temperatura de globo negro, °C; umidade relativa do ar, %; frequência cardíaca do operador, bpm; temperatura de superfície da pele, °C; ruído (Ru, dB) e a velocidade do vento, $m s^{-1}$) foram registrados em outubro de 2019, durante as operações de aração, gradagem e sulcagem, com trator sem cabine ergonômica, acoplado ao respectivo implemento. As variáveis meteorológicas foram registradas por meio de dataloggers, modelo HOBO U12-12. Em todas as operações de preparo periódico do solo (aração, gradagem e sulcagem) foi utilizada uma câmera termográfica, FLIR®, modelo i60, para obtenção das imagens termográfica de pontos do corpo do operador (cabeça e braços), durante a execução dos trabalhos. As imagens foram processadas e armazenadas em ambiente computacional, com a utilização do programa Flir Quick Report. O nível do ruído no posto de trabalho foi registrado por meio de um decibelímetro digital, modelo DL- 4200 marca ICEL, enquanto o registro da frequência cardíaca (bpm) do operador, na execução das diversas fases do ciclo de trabalho foi realizada por meio de um monitor de frequência cardíaca Timex, modelo T5K630Ra, composto por um receptor digital de pulso e um transmissor acoplado a uma correia elástica (cinta). Os dados foram submetidos à análise de componentes principais (ACP), buscando um conjunto substancialmente menor de variáveis correlacionadas, que contém a maior parte da informação do conjunto original (HONGYU et al., 2016). Para determinar o grau de correlação entre as variáveis estudadas utilizou-se o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), em que estabelece como inaceitável valores de KMO inferior a 0,5, fraca de 0,5 a 0,6, medíocre de 0,6 a 0,7, intermediária de 0,7 a 0,8, meritória de 0,8 a 0,9 e excelente quando os valores forem superiores a 0,9. O teste de esfericidade de Bartlett permitiu avaliar

se a matriz de correlação é uma matriz identidade, o que indicaria que não há correlação entre os dados. Dessa forma, para um nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese nula da matriz de correlação identidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) indicou a existência de correlação intermediária (Tabela 1) entre as variáveis e o teste de esfericidade de Bartlett apresentou valor de $P < 0,01$, o que leva à rejeição da matriz das correlações ser a identidade, para um alto nível de significância, o que reforça a existência de correlação entre as variáveis estudadas (Tabela 1). Deste modo, admitiu-se o emprego da análise exploratória dos dados, por meio da técnica de componentes principais, como análise apropriada ao conjunto de dados.

TABELA 1. Testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de esfericidade de Bartlett.

		Adequação de amostragem
KMO		0,7
Bartlett	Qui-quadrado	1039,38
	GL	28
	significância	0,01

GL: Grau de liberdade.

Na Tabela 2, observa-se que foram geradas 9 componentes principais, cada uma com seu peso expresso pelos respectivos autovalores que representam a variação total explicada. Pelo critério de Kaiser, escolhe-se o número de fatores com base nos autovalores acima de 1 (HONGYU et al., 2016). Neste caso, selecionou-se os componentes principais CP1 e CP2, em dois eixos ortogonais não correlacionados, pois, apresentaram a quantidade total de informações das variáveis originais, retidas por ambos os componentes principais de 73,10% (50,90% e 22,20%, CP1 e CP2, respectivamente).

TABELA 2. Correlação entre cada componente principal e as variáveis aferidas durante o preparo periódico do solo para o cultivo da cana-de-açúcar, com o percentual da variação total explicada pelas componentes principais (CP).

Variável	CP1	CP2
¹ FC	0,004	-0,663
² Ru	0,037	-0,689
³ Tbu	0,323	0,133
⁴ Tbs	0,453	-0,058
⁵ Tgn	0,451	-0,061
⁶ UR	-0,336	0,171
⁷ T cab	0,429	0,095
⁸ T bra	0,417	0,145
⁹ Vv	-0,119	0,046
Autovalor	4,581	1,998
Proporção	0,509	0,222
Acumulado	0,509	0,731

¹: FC: Frequência cardíaca; ²: Ru: Ruído (dB); ³: Tbu: temperatura de bulbo úmido (°C); ⁴: Tbs: temperatura de bulbo seco (°C); ⁵: Tgn: temperatura de globo negro (°C); ⁶: UR: umidade relativa do ar (%); ⁷: T cab: temperatura da cabeça do operador (°C); ⁸: T bra: temperatura do braço do operador (°C); ⁹: Vv: velocidade do vento (m s⁻¹).

Verificou na Tabela 2 que a variável velocidade do vento, pode ser descartada das próximas observações, tendo em vista a fraca correlação, tanto para a CP1 como na CP2. Todas as temperaturas (T_{bu}, °C; T_{bs}, °C; T_{gn}, °C; T_{cab}, °C e T_{bra}, °C) apresentaram altas correlações na CP1, inclusive a variável umidade relativa do ar. A contar o tempo despendido nas operações do preparo periódico do solo, houve aumento na frequência cardíaca em decorrência da intensidade e duração do ruído. A análise de componentes principais ainda destaca o efeito das temperaturas do ambiente e das superfícies da pele do operador com o ruído e a frequência cardíaca.

CONCLUSÕES: O emprego da análise de componentes principais permitiu identificar conjunto de variáveis correlacionadas, destacando a intensidade e duração do ruído no aumento da frequência cardíaca do operador.

REFERÊNCIAS:

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

ANDERSSON, M.; LUIZ, N.; MACHADO, A. L. T.; FERREIRA, M. F.; REIS, A. V. Índices de depreciação, ergonomia, segurança, nível de ruído e manutenção como parâmetros de avaliação em tratores agrícolas de quatro rodas. **Revista Facultad de Agronomía La Plata**, v. 114, n. 1, p. 95-100, 2015.

BAESSO, M. M.; AMARAL, V. B.; MODOLO, A. J.; FISCHER, C.; TROGELLO, E.; SILVESTRINI, J. C.; BAESSO, R. C. E.; GONÇALVES, M. A. S. Thermal comfort analysis of agricultural machinery operators with thermography. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 16, p. 814-820, 2018.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v. 1, n.5, p. 83-90, 2016.

MARTINS, M. B.; RAMOS, C. R. G.; SOUZA, F. L.; SARTORI, M. M. P.; LANÇAS, K. P. Relação entre velocidade de deslocamento, rendimento da cana-de-açúcar e o consumo de combustível da colhedora. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 88-91, 2017.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A. Agricultura Digital. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 2, n. 1, p. 72-88, 2016.

SANDI, J.; TESTA, J. V. P.; MARTINS, M. B.; FIORESE, D. A.; LANÇAS, K. P. Vibração ocorrente sobre o corpo inteiro do operador de trator agrícola em ensaio padronizado. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 54-60, 2018.

SARAIVA, I. Z.; BARROS, V. M.; AMARAL, B.; GUERREIRO, T. L. Reinventando modos de trabalho na agricultura mecanizada: desenvolvimento de um novo produto para tratores com aumento da eficiência produtiva e melhoria da qualidade de vida no trabalho. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 5, p. 1672-1683, 2018.