



## ANÁLISE HIERÁRQUICA DE CLUSTER (HCA) DA INFLUÊNCIA DA ROTAÇÃO DO MOTOR NO NÍVEL DE RUÍDO EM TRATORES CABINADOS

**Daniel A. M. PEDRO<sup>1</sup>; Geraldo G. O. JUNIOR<sup>2</sup>; Hudson de J. F. JR<sup>3</sup>; Ramon G. T. M. da SILVA<sup>4</sup>; Ricardo M. da COSTA<sup>5</sup>**

### RESUMO

A necessidade de não sacrificar a segurança dos operadores que trabalham sobre máquinas agrícolas em detrimento da busca de alta desempenho nas colheitas faz com que seja extremamente necessário considerar a influência da rotação do motor nas intensidades de ruído, mesmo em tratores cabinados. A pesquisa teve por objetivo aplicar a Análise Hierárquica de Cluster (HCA) para separar em grupos, o mais dissimilares possíveis, as intensidades do ruído, dentro e fora das cabines, de acordo com a rotação dos motores e mostrar que, mesmo em tratores cabinados, há um risco a se considerar para a saúde dos operadores. Foi montado um experimento controlado no IFSULDEMINAS campus Muzambinho para medir os níveis de ruído em diversas rotações do motor. Foram utilizados os tratores John Deere 6110J e o Yanmar 1155-4.

**Palavras-chave:** Perda auditiva; Rotação; Ruídos; Tratores; Análise Hierárquica de Cluster.

### 1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a saúde dos trabalhadores rurais, que operam máquinas agrícolas, tem sido uma constante nos dias de hoje. Com o desenvolvimento da agricultura, a indústria de máquinas agrícolas busca cada vez mais, desenvolver equipamentos em que os efeitos do nível de ruído sejam mínimos e/ou menos danosos possíveis à saúde do trabalhador rural. Para tanto, o problema de pesquisa do trabalho em questão pretende avaliar: **É possível separar as intensidades de ruído, em tratores cabinados, de forma avaliar como a rotação do motor pode afetar a saúde dos**

<sup>1</sup> ex-Discente da Graduação em Ciência da Computação; IFSULDEMINAS campus Muzambinho; [danielmelo0416@gmail.com](mailto:danielmelo0416@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor Curso Técnico em Segurança do Trabalho; IFSULDEMINAS campus Muzambinho; [geraldojunior@muz.ifsuldeminas.edu.br](mailto:geraldojunior@muz.ifsuldeminas.edu.br)

<sup>3</sup> Professor da Graduação em Ciência da Computação; IFSULDEMINAS campus Muzambinho; [hudson.ferreira@muz.ifsuldeminas.edu.br](mailto:hudson.ferreira@muz.ifsuldeminas.edu.br)

<sup>4</sup> Professor da Graduação em Ciência da Computação; IFSULDEMINAS campus Muzambinho; [ramon.silva@ifsuldeminas.edu.br](mailto:ramon.silva@ifsuldeminas.edu.br)

<sup>5</sup> Orientador e professor da Graduação em Ciência da Computação; IFSULDEMINAS campus Muzambinho; [ricardo.costa@ifsuldeminas.edu.br](mailto:ricardo.costa@ifsuldeminas.edu.br)

## operadores?

A introdução das máquinas e equipamentos na agricultura possibilitaram transformações e mudanças nas práticas de produção global, de forma mais efetiva no aumento da produtividade, onde foi o principal objetivo desde a sedentarização da humanidade e a substituição progressiva do trabalho humano por máquinas.

A HCA consiste, segundo Ferreira (2015), num método de reconhecimento de padrões, adequado para descobrir “padrões naturais” de comportamento entre amostras com base em seu perfil multivariado. Os estudos realizados atualmente buscam compreender e delimitar a incidência da Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR). Segundo Marques e Costa (2006) a “a PAIR é uma condição que se agrava ao longo do tempo, sendo diretamente influenciada pela intensidade do ruído, a duração da exposição e a suscetibilidade individual do trabalhador ao barulho”.

O objetivo básico das técnicas de análise de agrupamento é agrupar compostos ou amostras dentro de um mesmo grupo, fazendo com que estas sejam as mais similares possíveis entre si e as mais dissimilares possíveis em relação aos compostos ou amostras, classificados nos outros grupos.

Para quantificar quão parecidos são dois objetos é necessário que se tenha uma medida quantitativa da distância entre eles. Existem algumas métricas principais que podem ser utilizadas; dentre as principais, destacam-se a distância de Mahalanobis e a distância Euclidiana, sendo esta última a mais utilizada.

Conforme Ferreira (2015), a distância euclidiana entre os dois pontos com coordenadas  $A = (a_1, a_2)$  e  $B = (b_1, b_2)$  no espaço bidimensional pode ser expressa usando o Teorema de Pitágoras de acordo com a equação:

$$D^2_{AB} = [(a_1 - b_1) + (a_2 - b_2)]^2$$

onde,

$(a_1, b_1)$  e  $(a_2, b_2)$  representam os catetos de um triângulo retângulo e  $D$  a hipotenusa.

Na pesquisa envolvendo operadores de tratores com menos de 5 anos de exposição ao ruído, Fernandes (1991) observou que 42,9% deles apresentavam perda auditiva induzida pelo ruído. O autor sugere que essa situação pode ser resultante da exposição a níveis de ruídos superiores aos limites estabelecidos pela legislação.

Em suma, este estudo tem como objetivo aplicar a Análise Hierárquica de Cluster (HCA) no sentido de avaliar a influência da rotação do motor e da presença de cabine nos níveis de ruído ocupacional aos quais o operador de trator está exposto. De maneira específica, separar em grupos as intensidades do ruído, dentro e fora das cabines, de acordo com a rotação dos motores.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo de caso foi desenvolvido no setor de mecanização do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, campus Muzambinho. Os experimentos foram realizados no trator cabinado 1155-4 da Yanmar com 55 CV e no trator cabinado John Deere 6110J com 110 CV.

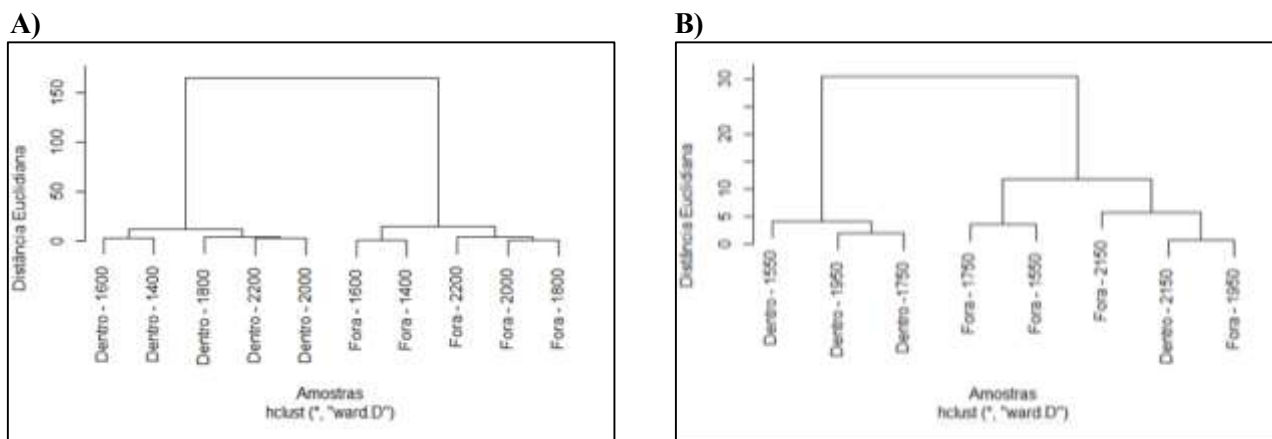
Para o Trator John Deere 6110J o trabalho foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (5 x 2), sendo combinadas 5 rotações (1400, 1600, 1800, 2000 e 2200) medidas em rotações por minuto (rpm) e dois locais diferentes (dentro e fora da cabine). E para o Trator Yanmar 1155 – 4 foi conduzido também um delineamento inteiramente casualizado (DIC), mas em esquema fatorial (4 x 2), sendo combinadas 4 rotações (1550, 1750, 1950 e 2150) medidas em rotações por minuto (rpm) também dentro e fora da cabine.

Para a Análise Hierárquica de Cluster (HCA) optou-se pelo Método de Ward que reduz a variabilidade do experimento e pela utilização da métrica de medida, a Distância Euclidiana ( $D$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do Método de Ward para agrupamento das intensidades dos ruídos é mostrada a seguir.

A Figura 1 apresenta respectivamente os agrupamentos realizados para o trator John Deere 6110-J (A) e para o trator Yanmar 1155-4 (B).



Pela Figura 1 (A) percebe-se que nos extremos, ou seja, nas rotações mais baixas (1400 e 1600) e mais altas (2000 e 2200) dentro e fora da cabine, os valores estão muito próximos o que explica a confusão do algoritmo em separar os mesmos.

E pela Figura 1 (B) observa-se que a rotação 2150, medida dentro da cabine, esta foi classificada no mesmo grupo da rotação 1950 onde a medição foi feita fora da cabine o que mostra que no Trator Cabinado Yanmar 1155-4, na rotação 2150, o nível de ruído é muito próximo o de 1950

rpm (fora da cabine). Isto sugere que a partir de 1950 rpm, o algoritmo de agrupamento não consiga distinguir o efeito do ruído se está dentro ou fora da cabine, o que comprova o risco para o operador mesmo “protegido” pela cabine. Deve-se destacar também, que a rotação de 2150 rpm ultrapassa os Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente, sendo recomendado para tanto, o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), neste caso protetores auriculares.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os resultados mostraram que o algoritmo foi robusto em agrupar separadamente as rotações medidas dentro e fora da cabine e que rotação de operação exerce influência direta sobre os níveis de ruído ocupacional que atingem a zona auditiva do operador. De maneira específica, percebe-se que em rotações mais altas, sobretudo para o trator Yanmar 1155-4, a diferença percebida pelo operador dentro da cabine é sensível e não muito distante da medida no lado de fora, o que reforça a importância do uso dos protetores auriculares.

#### **5. REFERÊNCIAS**

FERREIRA, Diego de Dio. Determinação do fator de proteção solar inorgânico e orgânico em protetores solares por fluorescência de raios X portátil e calibração multivariada. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2015.a. p. 109.

FERNANDES JC. Levantamento estatístico sobre o nível de ruído em operações agrícolas com tratores. Universidade Estadual Paulista/UNESP. Bauru/SP, 1991.

HAIR JR., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. Multivariate Data Analysis. 6th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2005.

LOPES, Andréa Cintra; OTOWIZ, Vanessa Guioto; LOPES, Patrícia Monteiro de Barros; LAURIS, José Roberto Pereira; SANTOS, Cibele Carméllo. Prevalência de perda auditiva induzida por ruído em motoristas, 2012.

MARQUES, F. P.; COSTA, E. A. DA. Exposição ao ruído ocupacional: alterações no exame de emissões fotoacústicas. Revista Brasileira de Otorrinolaringologia, v. 72, n. 3, p. 362-366, 2006.

TEIXEIRA, M. La P.; FREITAS, R. M. V. de. Acidentes do trabalho rural no interior paulista. São Paulo em perspectiva, v. 17, n. 2, p. 81-90, 2003.