

Dispersão do Ruído Gerado por um Conjunto Tratorizado Cafeeiro em Condição Estática: Estudo de Caso entre Diferentes Posições e Distâncias

Dispersion of Noise Generated by a Static Conditioned Tractor Set: Case Study between Different Positions and Distances

DOI:10.34117/bjdv7n4-289

Recebimento dos originais: 07/03/2021

Aceitação para publicação: 12/04/2021

Mayra Aparecida da Silva

Graduanda no curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura, do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Muzambinho - MG.

Endereço: Estrada de Muzambinho, km 35 - Bairro Morro Preto - Cx. Postal 02 - CEP: 37890-000

E-mail: mayracafeicultura@gmail.com

Geraldo Gomes de Oliveira Júnior

Doutor, Professor do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Muzambinho - MG.

Endereço: Estrada de Muzambinho, km 35 - Bairro Morro Preto - Cx. Postal 02 - CEP: 37890-000

E-mail: geraldo.junior@muz.ifsuldeminas.edu.br

Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido

Doutor, Professor do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Muzambinho - MG.

Endereço: Estrada de Muzambinho, km 35 - Bairro Morro Preto - Cx. Postal 02 - CEP: 37890-000

E-mail: lucas.aparecido@muz.ifsuldeminas.edu.br

Irlon de Ângelo da Cunha

Doutor, Tecnologista [aposentado] da Fundação Jorge Duprat e Figueiredo (Fundacentro) - Centro Técnico Nacional, São Paulo:

Endereço: Rua Capote Valente, 710, Pinheiros, CEP 05409-002

E-mail: irldcunha@gmail.com

José Antônio Ramos da Silva

Mestre, Técnico do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Muzambinho - MG.

Endereço: Estrada de Muzambinho, km 35 - Bairro Morro Preto - Cx. Postal 02 - CEP: 37890-000

E-mail: jaramos@gmail.com

Fernando Ferrari Putti

Doutor, Professor Universidade Estadual Paulista - UNESP, campus Tupã - SP;
Endereço: R. Domingos da Costa Lopes, 780 - Jardim Itaipu, Tupã - SP, 17602-496
E-mail; fernando.putti@unesp.br

RESUMO

A utilização de conjuntos tratorizados para aplicação de agrotóxicos pode expor trabalhadores a níveis de ruído prejudiciais à saúde, dependendo da intensidade e do tempo de exposição. Ressalta-se que esta exposição ao ruído pode ocorrer tanto para o operador quanto para as pessoas que estejam próximas ao local em que as atividades estão sendo desenvolvidas. Neste sentido, objetivou-se no presente estudo de caso avaliar a dispersão do ruído em conjunto tratorizado (Trator/Pulverizador) em diferentes posições e distâncias em uma lavoura cafeeira. O estudo foi realizado em uma propriedade localizada no sul de Minas Gerais. A determinação de ruído ocorreu em um trator cafeeiro Yanmar Agritech modelo 1030H®, não cabinado e acoplado ao pulverizador KO 200® em condição estática. O nível de ruído foi obtido utilizando-se um sonômetro digital, modelo HDB-900, marca Hikari, em resposta “slow” e compensação “A”. O trabalho foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (4 x 5), sendo combinadas quatro posições (Frente, L. Direito, L. Esquerdo e Traseira) e cinco distâncias (D-0, D-2,43, D-4,86, D-7,29 e D-9,72m). No ponto de referência (D-0) todas as quantificações apresentaram níveis de ruído superiores ao limite de exposição de 85 dB (A) para uma jornada de trabalho de 8 horas previsto pela legislação. Estes achados indicam que em condições reais de trabalho são esperados valores acima dos limites ocupacionais no posto de operação e suas proximidades, requerendo a necessidade da adoção de medidas preventivas. Os maiores níveis de ruído foram quantificados na posição traseira para todas as distâncias avaliadas. Os resultados também reforçam que não devem ter pessoas trabalhando nas proximidades do conjunto tratorizado (Trator/pulverizador), sem a adoção de medidas preventivas adequadas. Também pode-se constatar que os níveis de ruído diminuíram à medida que se distanciaram da fonte geradora em todas as direções.

Palavras-chaves: Ensaio de ruído; Limite de exposição; Nível de ação.

ABSTRACT

The use of tractor units for the application of pesticides can expose workers to noise levels harmful to health, depending on the intensity and time of exposure. It is noteworthy that this exposure to noise can occur both for the operator and for people who are close to the place where the activities are being carried out. In this sense, the objective of the present case study was to evaluate the noise dispersion in a tractor tractor (Tractor / Sprayer) in different positions and distances in a coffee plantation. The study was carried out on a property located in the south of Minas Gerais. The noise determination occurred on a Yanmar Agritech coffee tractor model 1030H®, not cabined and coupled to the KO 200® sprayer in static condition. The noise level was obtained using a digital sonometer, model HDB-900, brand Hikari, in response “slow” and compensation “A”. The work was conducted in a completely randomized design (CRD), in a factorial scheme (4 x 5), being combined four positions (Front, L. Right, L. Left and Rear) and five distances (D-0, D-2, 43, D-4.86, D-7.29 and D-9.72m). At the reference point (D-0), all quantifications presented noise levels above the exposure limit of 85 dB (A) for an 8-hour working day foreseen by the legislation. These findings indicate that in real working conditions, values above occupational limits are expected at the operating station and its surroundings,

requiring the need to adopt preventive measures. The highest noise levels were quantified in the rear position for all evaluated distances. The results also reinforce that there should be no people working in the vicinity of the tractor unit (tractor / sprayer), without the adoption of appropriate preventive measures. It can also be seen that the noise levels decreased as they moved away from the generating source in all directions.

Keywords: Noise tests; exposure limit; action level.

1 INTRODUÇÃO

A modernização da agricultura especialmente relacionadas aos tratores, contribuíram para o aumento da produtividade em grande parte dos cultivos agrícolas nacionais (BAESSO et al., 2017). A mecanização permite ainda maior eficiência nas operações e tratos culturais reduzindo também o custo de produção.

No entanto, a utilização destes maquinários pode expor trabalhadores a agentes de riscos com potencial de trazer danos à saúde, tais como, níveis elevados de ruído (PIMENTA JUNIOR et al., 2012). Saliba (2013) descreve que a exposição a níveis elevados de ruído pode trazer efeitos extra-auditivos e auditivos ao organismo dos trabalhadores. Dentre os efeitos extra-auditivos o ruído contribui para distúrbios no sistema nervoso proporcionando irritabilidade, nervosismo e vertigens.

Com relação aos efeitos auditivos destaca-se a perda auditiva, que dependendo da intensidade pode afetar a capacidade do trabalhador para a comunicação oral. Bistafa (2011) aponta ainda que a exposição a ruído também pode trazer efeitos fisiológicos temporários e permanentes tais como: tensões musculares e alterações do ritmo da respiração, alterações do padrão de batimentos cardíacos e diâmetros dos vasos sanguíneos. O ruído pode também afetar negativamente a capacidade de concentração dos trabalhadores, bem como o desempenho nas atividades laborais.

No Brasil, a norma regulamentadora NR 15 e Norma de Higiene Ocupacional NHO 01 estabelecem o valor de 85 dB (A) como limite de exposição (LE) para uma jornada de trabalho diária de 8 horas (BRASIL, 1978; FUNDACENTRO, 2001). Já a NR 09 estabelece como nível de ação o valor de 50% da dose, utilizando os critérios da NR 15. Ainda de acordo com a referida norma os valores que ultrapassarem o nível de ação devem ser objeto de controle sistemático de modo a reduzir a probabilidade de que as exposições a estes agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição. Estas ações devem incluir o monitoramento periódico da exposição, a informação aos trabalhadores e o controle médico (BRASIL, 1978; BRASIL, 2020).

De acordo com Cunha, Duarte e Souza (2012), mesmo diante de toda a evolução tecnológica ocorrida nos tratores ao longo do tempo, ainda não foi possível reduzir o nível de ruído a valores aceitáveis de modo a não ser necessária a utilização de protetores auriculares nos tratores não cabinados.

Portanto, para que se consiga proteger adequadamente operadores de conjuntos tratorizados, e pessoas que possam laborar próximo a estes equipamentos da exposição ao ruído, torna-se necessário compreender seu comportamento, variabilidade e dispersão nos ambientes de trabalho.

Neste contexto e considerando a crescente incorporação da mecanização na realização dos tratos culturais anuais do cafeeiro, por grandes e pequenos produtores, objetivou-se no presente estudo de caso avaliar a dispersão do ruído gerado por um conjunto tratorizado (Trator/Pulverizador) em diferentes posições e distâncias, em uma lavoura cafeeira, operando de forma estática.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo de caso foi desenvolvido em uma propriedade agrícola, localizada no município de Nova Rezende, sul de Minas Gerais, por meio da quantificação do nível de ruído emitido por um conjunto tratorizado tipicamente utilizado na aplicação de agrotóxicos do cafeeiro: trator Yanmar Agritech modelo 1030H, não cabinado, de 26,5 cv, manutenção em dia acoplado ao pulverizador KO 200. (Figura 1).

Figura 1 - Conjunto tratorizado objeto do estudo - Trator Yanmar Agritech modelo 1030H e Pulverizador KO 200.



Fonte: Elaborada pelos autores.

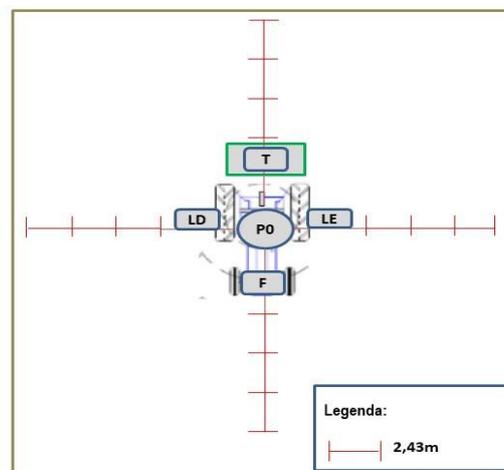
As avaliações do nível de ruído do conjunto foram realizadas em ensaio de campo controlado, utilizando-se água no equipamento pulverizador e o trator em condição estática, posicionado no centro de lavoura cafeeira da cultivar catuai, com 2,30m de altura

média funcionando na rotação de 1800 rpm. Esta rotação foi escolhida uma vez que também é empregada em condições reais de operação.

Os níveis de ruído emitidos pelo conjunto trator-pulverizador foram quantificados utilizando-se medidor de pressão sonora (sonômetro) digital modelo HDB-900, da marca Hikari, calibrado eletromecanicamente com certificado da Rede Brasileira de Calibração (RBC) e aferição de campo, por meio do calibrador CAL-4000 da Instrutherm, IEC 942/Classe 2, com níveis de pressão sonora de saída de 94 e 114 dB, configurado em circuito de resposta lenta (*Slow*) e curva de equalização “A”. As medições foram realizadas com o sonômetro utilizando protetor de ventos e a coleta de dados realizada a 1,83m (altura) projetando-se a zona auditiva do trabalhador quando sentado no banco do operador. Os resultados foram expressos em dB (A).

As leituras foram realizadas em pontos distribuídos, em uma malha amostral regular com distância de 2,43 metros entre cada ponto e distribuídos em quatro direções (Frente, Lateral direita, Lateral Esquerda, Traseira) do ponto inicial “0”, (Figura 2).

Figura 2 - Distribuição dos pontos de avaliação do nível de ruído em relação ao posto de trabalho do operador. **Legenda:** Posto de trabalho do operador (P0); Lado Direito (LD); Lado Esquerdo (LE); Traseira (T); Frente (F).



Fonte: Adaptada Pimenta Junior et al. (2012) e Oliveira et al. (2020).

O trabalho foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (4 x 5), sendo combinadas quatro posições (Frente, L. Direito, L. Esquerdo e Traseira) e cinco distâncias (D-0, D-2,43, D-4,86, D-7,29 e D-9,72m). Em cada ponto, foram realizadas 6 (seis) repetições, com leituras de 30 segundos cada, obtendo-se o valor no intervalo amostrado.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de regressão e também foi realizada uma análise de cluster “Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC)”, com método de

otimização de WARD (1963), para os dados de ruído em função de todas as posições em cada distancia conjuntamente. Os modelos foram ajustados avaliando-se a precisão usando o erro percentual absoluto médio (MAPE,%), e a precisão usando o coeficiente de determinação ajustado (R^2) (CORNELL; BERGER, 1987).

Os níveis de ruído obtidos também foram submetidos à análise de variância, por meio do teste F. Nos casos em que o valor do teste F foi significativo, foram realizados testes de comparação de médias de Tukey, ao nível de 5% de significância de erro. Para tanto, foi empregado o software estatístico computacional “Sisvar” de Ferreira (2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que não houve interação significativa entre os fatores de estudo, posição e distâncias ($p \geq 0,05$). Os fatores apresentaram efeito significativo de forma isolada ($p < 0,05$), assim analisou os efeitos isoladamente. Os níveis de ruído dB (A) quantificados no conjunto mecanizado trator-pulverizador, considerando posição e distâncias podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Níveis de ruído contínuo/intermitente dB (A) em função das posições e diferentes distâncias de afastamentos em relação ao conjunto trator/pulverizador

Posição	Distância (m) em relação ao conjunto trator/pulverizador				
	D-0	D-2,43	D-4,86	D - 7,29	D - 9,72
	dB (A) \pm s ⁽¹⁾				
Traseira	91,6 \pm 0,5 a	84,2 \pm 0,2 a	79,6 \pm 0,7 a	77,6 \pm 0,7 a	75,9 \pm 0,4 a
Frente	85,8 \pm 0,7 b	79,6 \pm 0,8 b	77,0 \pm 0,3 b	75,4 \pm 0,4 b	73,0 \pm 2,2 b
L. Esquerdo	86,3 \pm 0,3 b	82,3 \pm 0,3 c	76,5 \pm 0,1 b	74,9 \pm 0,2 b	72,6 \pm 0,3 b
L. Direito	85,9 \pm 0,7 b	81,4 \pm 0,3 c	76,9 \pm 0,7 b	73,3 \pm 0,1 c	70,5 \pm 0,7 c
	C.V (%)*: 0,99				

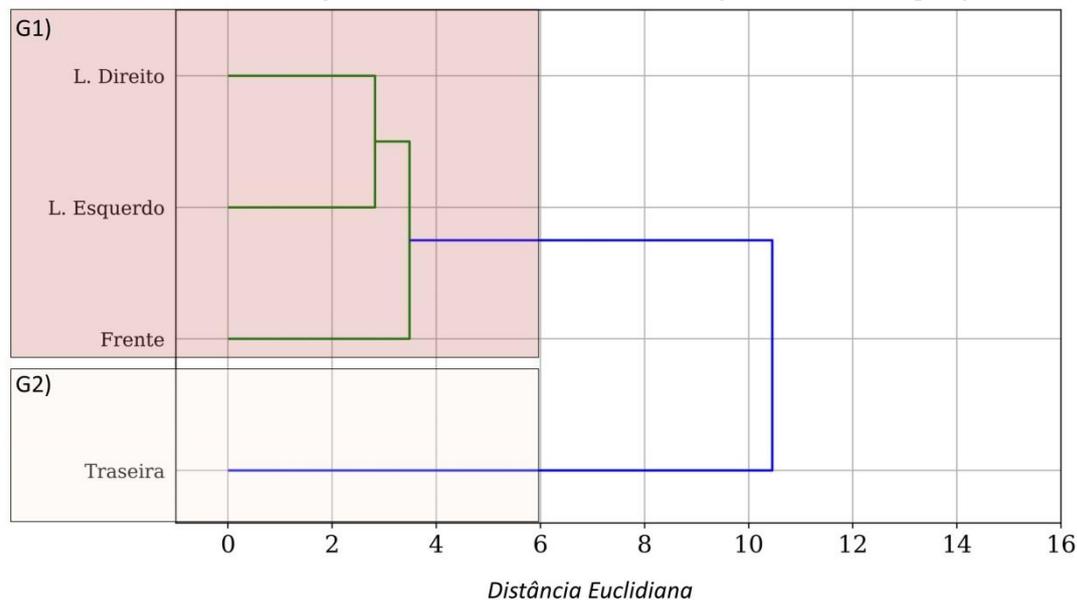
*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. ⁽¹⁾ Desvio padrão amostral; *Coeficiente de Variação. **Fonte:** Elaborada pelos autores.

Pode se constatar que no ponto de referência (D-0) todas as quantificações apresentaram níveis de ruído superiores ao limite de exposição de 85 dB (A) para uma jornada de trabalho de 8 horas. Está informação indica a necessidade de redução do tempo de exposição e/ou utilização de equipamento de proteção individual (EPI) do tipo protetor auricular com fator de atenuação adequado, durante a realização da atividade de aplicação de defensivos agrícolas com o conjunto tratorizado objeto deste estudo. Muito embora, o estudo apresente níveis de ruído pontuais, estes valores indicam que durante as condições reais de operação são esperados valores acima do limite de exposição ocupacional (LE) definido em normas regulamentadoras (NR) e legislação vigente.

Os maiores níveis de ruído foram quantificados na posição traseira para todas as distâncias em relação ao conjunto trator pulverizador (Tabela 1). Oliveira et al. (2020) realizando estudo sobre a variabilidade espacial do nível de ruído em um conjunto trator pulverizador sob diferentes rotações em ambiente aberto também encontraram maiores níveis de ruído na parte traseira. Ainda segundo os autores este maior nível de ruído está relacionado aos mecanismos de funcionamento do pulverizador em especial sua turbina.

Uma análise de forma multivariada foi realizada com os dados de ruído em função da posição e foi possível observar a formação de 2 cluster (Figura 3). O primeiro cluster (G1) é formado pelas posições Lado direito (LD), Lado esquerdo (LE) e Frente (F), e apresentam valores médios de ruído menores (78.1 dB(A)), enquanto que o segundo cluster (G2) é formado pela posição traseira (T) e evidencia uma média geral do ruído de 81.78 dB(A). Esse resultado demonstra que é necessária uma atenção especial a posição traseira, uma vez que é distinta das demais posições e ainda demonstra maior nível de ruído.

FIGURA 3. Dendrograma com os dados de ruído em função das diferentes posições.

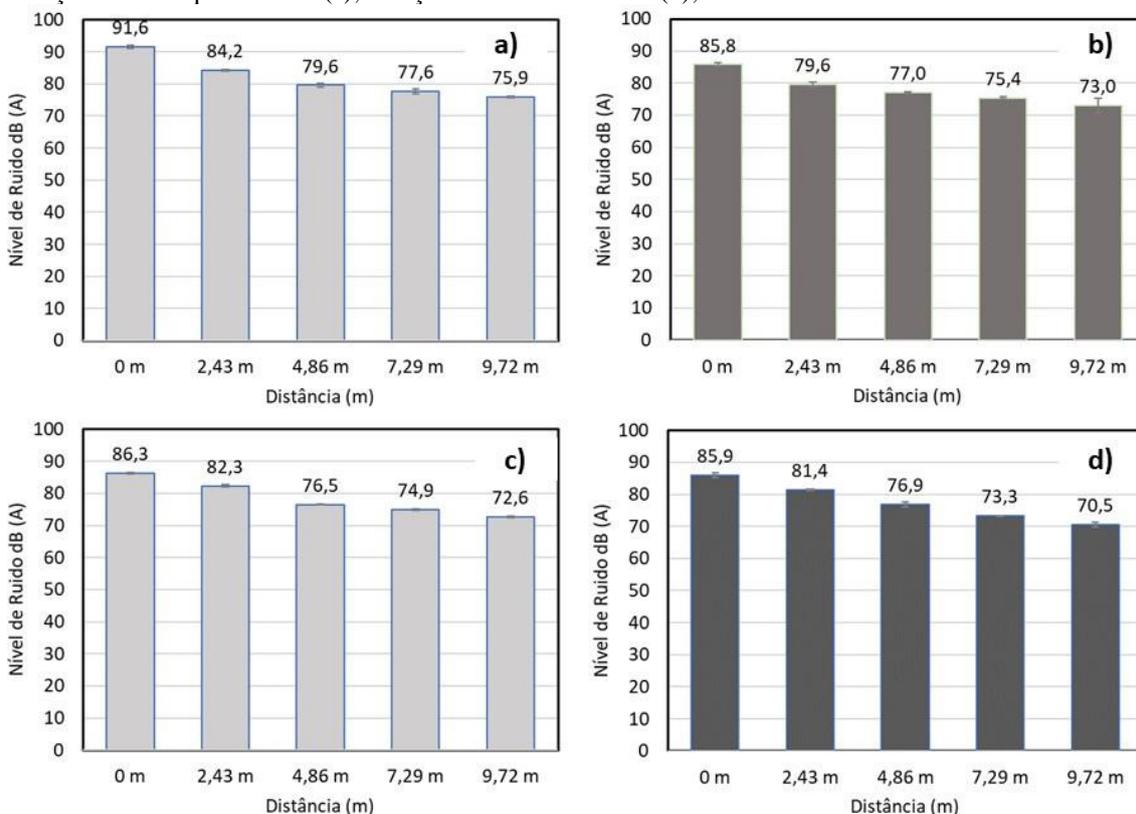


Fonte: Elaborada pelos autores.

A dispersão do nível de ruído em relação as distâncias avaliadas podem ser observadas na Figura 4. Os resultados demonstraram que os níveis de ruído diminuíram à medida que se distanciavam da fonte geradora. Pode-se observar que a partir da distância de aproximadamente 4,86 m os níveis de ruído quantificados no levantamento ficaram abaixo do nível de ação de 80 dB (A) para todas as posições (Figura 4).

Portanto, quando o conjunto tratorizado do presente estudo estiver em operação, não é recomendada a presença de outros trabalhadores a uma distância inferior a 4,86m sem a devida proteção por longos períodos, de modo a evitar que a referida exposição traga algum tipo de prejuízo auditivo e extra auditivo aos mesmos. De acordo com a NR 09, níveis de ruído superiores ao nível de ação devem ser adotadas medidas de controle tendo como objetivo minimizar a probabilidade de que as exposições ultrapassem os limites de exposição.

Figura 4 - Dispersão do nível de ruído em função das distâncias. Posição Traseira (a); Posição frente (b); Posição Lado Esquerdo - LE (c); Posição Lado Direito - LD (d);



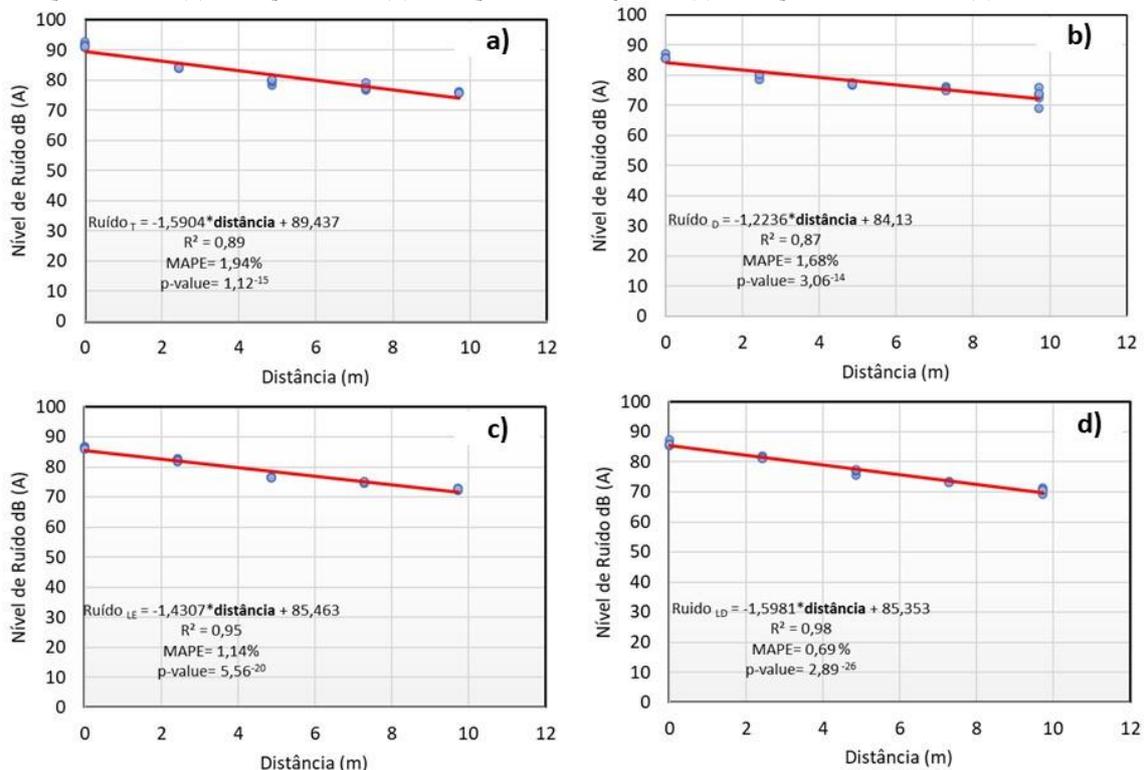
Fonte: Elaborada pelos autores.

Observou-se que do ponto inicial (0m) ao ponto final (9,72m) houve uma redução no nível de ruído de 17,14% traseira (Figura 4a), 14,91% frente (Figura 4b), 15,87% lado esquerdo (Figura 4c) e 17,92% lado direito (Figura 4d), representando uma média geral de redução de 14,4 dB (A) \pm 1,38. Resultados semelhantes foram obtidos por Magalhaes, Cortez e Nagahama (2012) que concluíram que o nível de ruído diminui à medida que se afasta do trator.

Foi possível estimar o nível de ruído em função da distância de afastamento do conjunto tratorizado para todas as posições (Figura 5). De maneira geral, os modelos

foram acurados e precisos, pois os MAPE foram baixos e os R^2 foram altos em todas as posições estudadas. O menor MAPE foi de 0,69% evidenciado na posição lado direito (Figura 5D) e o maior foi de 1,94% na posição traseira (Figura 5B). Vale ressaltar que um MAPE de 1,94% é relativamente baixo (MORETO; ROLIM, 2015), pois em um valor médio de ruído de 82 dB(A) ocorre um erro de $\pm 1,5$ dB(A).

Figura 5 - Análise de regressão linear para estimar o nível de ruído em função das distancias. Legenda: Posição traseira (a); Posição frente (b); Posição Lado Esquerdo (c); Posição Lado Direito (d).



Fonte: Elaborada pelos autores.

Vale destacar que a falta de manutenção e lubrificação dos conjuntos mecânicos podem contribuir para aumento do nível de ruído. Neste sentido, como medida de controle recomenda-se sem prejuízo das demais, a realização de manutenções, lubrificações, troca de componentes defeituosos e desgastados dos conjuntos tratorizados sempre que necessário, de modo a evitar o aumento do nível de ruído.

4 CONCLUSÃO

O nível de ruído levantado no ponto (D-0) está acima dos limites de exposição determinados pela legislação para uma jornada de 8 horas, indicando que em condições reais de operação são esperados valores acima dos limites, requerendo a necessidade da adoção de medidas preventivas;

A parte traseira do conjunto tratorizado foi aquela que apresentou os maiores níveis de ruído. Os níveis de ruído diminuíram à medida que se distanciaram da fonte geradora em todas as direções.

Não devem ter pessoas trabalhando nas proximidades do conjunto tratorizado (Trator/pulverizador) objetos do presente estudo, sem a adoção de medidas protetivas, especialmente em condições reais de operação.

AGRADECIMENTO

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS), pelo apoio na realização do presente estudo.

REFERÊNCIAS

BAESSO, M.M.; MODOLO, A. J.; BAESSO, R. C. E.; FISCHER, C. Níveis de Ruído Emitidos por Tratores Agrícolas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 11, n. 3, p. 229-238, 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978. Norma Regulamentadora NR 09 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, Jul. 1978. Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br>. Acesso em: 25 de fev. 2021.

BRASIL. Ministério da Economia - Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. Portaria nº 6.735 de 10 de março de 2020. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, mar. 2020. Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br>. Acesso em: 25 de fev. 2021.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2011, 380p.

CORNELL, J.A.; BERGER, R.D. Factors that influence the coefficient of determination in single linear and nonlinear models. *Phytopathology*, Palo Alto, v.77, p.63-70, 1987.

CUNHA, J. P. A. R da.; DUARTE, M. A. V.; SOUZA, C. M. A de. Vibração e ruído emitidos por dois tratores agrícolas. **Revista IDESIA** (Chile), v. 30, n. 1, p. 25-34, 2012.

FERRAZ, G. A. S.; SILVA, F.C de.; NUNES, R. A.; PONCIANO, P. F.; Variabilidade Espacial do Ruído Gerado por uma Derrçadora Portátil em Lavoura Cafeeira. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 276-283, jul./set. 2013.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional. Procedimento Técnico. Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído**. NHO 01. São Paulo: Fundacentro. 2001. 37 p.

MAGALHAES, A. T.; CORTEZ, J. W.; NAGAHAMA, H de. J. Nível de Ruído de um Trator Agrícola em Função da Rotação, da Distância, da Velocidade e da Condição do Solo Obtido por Meio de Decibelímetro com e sem Protetor de Vento. **Engenharia Agrícola, Botucatu**, v. 27, n. 4, p. 27-44, 2012.

MORETO, V. B.; ROLIM, G. S. Estimation of annual yield and quality of 'Valência' orange related to monthly water deficiency. *African Journal of Agricultural Research*, v. 10, n. 6, p. 543-553, 2015.

OLIVEIRA, G. S. A.; OLIVEIRA JUNIOR, G. G de. O.; REZENDE, R. N.; PAULA, L. E de. R.; SILVA, J. A. R.; RAMIRIO, L. D.; SILVA, A. B da.; COUTINHO, P. R do. V.

Variabilidade Espacial do Nível de Ruído em um Conjunto Trator-Pulverizador sob Diferentes Rotações no Cafeeiro. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 11, p. 86094-86101, 2020.

PIMENTA JUNIOR, C. G.; DELMOND, J. G.; CUNHA, J. P. N.; LEONÍDIO, D. M.; REIS, E. F dos. Análise espacial do nível de ruído emitido por trator agrícola. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, PE, v.7, n.3, p. 514-520, 2012.

SALIBA, T. M. **Manual Prático de Higiene Ocupacional e PPRA**. 4. ed. São Paulo : LTr, 2013. 367 p.

WARD, J. H. Jr. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v.58, p.236-244, 1963.