



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Brasil

Pimenta Junior, Celso G.; Delmond, Josué G.; Cunha, João P. B.; Couto, Ródney F.; Leonídio, Daniel M.; dos Reis, Elton F.

Análise espacial do nível de ruído emitido por trator agrícola

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 7, núm. 3, julio-septiembre, 2012, pp. 514-520

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119024529022>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.3, p.514-520, jul.-set., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i3a1228

Protocolo 1228 - 23/11/2010 - Aprovado em 09/01/2012

Celso G. Pimenta Junior¹

Josué G. Delmond¹

João P. B. Cunha^{2,3}

Ródney F. Couto¹

Daniel M. Leonídio¹

Elton F. dos Reis¹

Análise espacial do nível de ruído emitido por trator agrícola

RESUMO

Dentre os equipamentos utilizados em uma operação agrícola o trator é o principal. Durante a jornada de trabalho os operadores são submetidos a várias intensidades de ruído, tornando necessário seu estudo para o desenvolvimento de tratores e ambientes mais adequados para os usuários dessa máquina. O trabalho visa estudar o comportamento do nível de ruído emitido por trator agrícola em função do raio de afastamento quando em diferentes ambientes de trabalho e rotações do motor. O experimento foi realizado na Estação Experimental da EMATER, de Anápolis, GO. Foi utilizado, como fonte de ruído, um trator New Holland, potência de 55,1 kW (75 cv). A medição do nível de ruído foi realizada por um decibelímetro digital, de acordo com a NBR 9999 (ABNT, 1987). Visando-se à medição do ruído em diferentes ambientes, utilizou-se um galpão de 250 m² como ambiente fechado além de um campo livre de obstáculos, como ambiente aberto. O raio de afastamento foi determinado por cinco diferentes distâncias e nas quatro diferentes direções em relação ao operador do trator. As rotações do motor foram 1000, 1500, 2000, 2500 rpm. Para interpretação dos dados foram realizados dois experimentos em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, interpretados pelo teste de Tukey a 5% e geoestatística. A geoestatística demonstrou-se satisfatória para a análise do comportamento do ruído ao redor do trator. Os cuidados em relação ao nível de ruído emitido pelo trator devem ser aguçados quando utilizado em operações estacionárias em ambientes fechados.

Palavras-chave: ambiente, geoestatística, mecanização agrícola, raio de afastamento

Spatial analysis of the noise emitted by a farm tractor

ABSTRACT

Among the equipments used in a farming operation, the tractor is the principal. During working hours the operators are subjected to various intensities of noise, making it necessary the development of tractors and environments more suitable for users of this machine. This study demonstrates the behavior of the noise level emitted by a tractor when it is working under different environment due to clearance radius at different engine speeds. The experiment was conducted at the EMATER experimental station in Anápolis – GO. A New Holland tractor, power 55.1 kW (75 cv), was used as a source of noise. The noise level was performed by a digital sound level meter according to parameters established by NBR 9999. For measurement of noise in different environments, a shed of 250 m² was used as indoor environment and a field free of obstacles such as open environment. The radius of removal was determined by five different distances (1, 2, 3, 4 and 5 m) and in four different directions in relation to the tractor. The engine speeds were 1000, 1500, 2000, 2500 rpm. For the interpretation of data, two experiments were carried out in a completely randomized, with three replications, interpreted by the Tukey's test (5%) and geostatistics. The geostatistical analysis showed satisfactory to the behavior of the noise around the tractor. Care in relation to the level of noise emitted by the tractor must be sharp when used in stationary operations indoors.

Key words: environment, geostatistics, agricultural mechanization, clearance radius

¹ Universidade Estadual de Goiás,
Departamento de Engenharia Agrícola,
BR 153, Km 98, Campus Henrique Santillo,
Jardim Arco Verde, CEP 75001-970,
Anápolis, GO, Brasil.

Fone: (62) 3328-1161. E-mail:
celsopmpimenta@hotmail.com;
josuegd@gmail.com;
rodneycouto@hotmail.com;
daniel_max1@hotmail.com;
fialhoreis@ueg.br

² Universidade Federal de Lavras, Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola,
Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras
MG, Brasil. Fone: (35) 3829-1362.
E-mail: bcunha_2@hotmail.com

³ Bolsista de Doutorado da CAPES

INTRODUÇÃO

A modernização da agricultura é acompanhada pelo desenvolvimento dos tratores agrícolas visto que a maioria das atividades realizadas em campo, sejam elas dinâmicas ou estáticas, conta com o uso desta máquina. O uso de tratores agrícolas expõe os operadores a diferentes agentes nocivos à saúde como, por exemplo, o ruído. Os trabalhadores rurais não são conscientizados nem contam com acompanhamento periódico, no que diz respeito à sua saúde, agravando mais ainda sua situação e os prováveis danos (Dias, 2006).

As Organizações Panamericanas da Saúde (OPS) e a Mundial da Saúde - OMS (1980) definiram o ruído como sendo toda sensação auditiva insalubre e/ou um fenômeno acústico não-periódico sem componentes harmônicos definidos, que causam problemas de saúde pública. A exposição a ruídos intensos causa perda gradual da sensibilidade auditiva. O tempo de exposição, nível de som, a frequência, a intensidade do ruído e a susceptibilidade do indivíduo, têm relação direta com a severidade dos agravos à saúde (Silveira et al., 2007).

Segundo Almeida et al. (2001) os ruídos intensos tendem a prejudicar tarefas que exigem concentração mental e certas tarefas que exigem atenção ou velocidade e precisão dos movimentos; os resultados tendem a piorar após 2 horas de exposição ao ruído, o qual também produz aborrecimentos devido à interrupção forçada das tarefas, provocando tensão e dores de cabeça e ainda diminuindo o desempenho do trabalhador, o que traz prejuízos muitas vezes não mesurados pelos empregadores.

Cunha et al. (2009) verificaram, avaliando os níveis de vibração e de ruído emitidos por um trator agrícola tracionando um arado de disco e uma grade, em operação de preparo do solo em diferentes rotações do motor, que as operações de aração e gradagem apresentam níveis de ruído maiores que os estabelecidos pelas normas vigentes, sendo indispensável o uso de mecanismos de proteção auricular, por parte dos operadores.

O comportamento do ruído emitido por máquinas agrícolas também pode ser avaliado levando em consideração o afastamento da fonte emissora do ruído. Tendo em vista que em algumas operações e/ou atividades é necessário a presença de pessoas ao redor dessas máquinas, essas ficam expostas às mesmas condições. Cunha & Teodoro (2006) verificaram o nível de ruído emitido por três derriçadores motorizados portáteis para a colheita de café e dois pulverizadores costais motorizados, em diferentes raios de afastamento, e concluíram que se faz necessário o uso de protetor auricular por parte dos operadores das máquinas, em virtude dos limites encontrados serem superiores aos estabelecidos pela norma, tal como por parte dos auxiliares que trabalham próximo às máquinas, principalmente num raio de afastamento de até 10 m.

Silveira et al. (2007) verificaram, estudando níveis de ruídos emitidos por diferentes equipamentos e por um trator agrícola em função de diferentes raios de afastamento, no interior de um galpão de manutenções, que, na sua maioria, os equipamentos

produzem níveis de ruído superiores a 85dB (A). Para o trator avaliado os níveis de ruído emitidos pelo trator parado em uma única rotação no motor se mantiveram acima dos valores permitidos pela norma, em todas as distâncias de afastamento avaliadas, corroborando com os resultados encontrados por Kahil & Gamero (1997).

As pesquisas e projetos realizados nesta área procuram buscar soluções que minimizem os efeitos danosos à saúde de operadores e ajudantes, provocados pela operação desses equipamentos (Santos Filho et al., 2004). Neste contexto, torna-se necessária a descrição espacial do nível de ruído na busca do conhecimento do seu comportamento, de forma mais precisa.

As pesquisas realizadas sobre nível de ruído em máquinas agrícolas têm, na sua maioria, foco nas operações dinâmicas realizadas em campo; no entanto, para o cumprimento das legislações e cuidados com a saúde do trabalhador rural deve-se avaliar o trator nos diferentes ambientes de trabalho. O trator agrícola pode ser utilizado em operações tanto em campo aberto como em galpões ou áreas cobertas, antes ou depois das operações de campo; tais obstáculos podem ser refletidos pela propagação do som, agravando a exposição a essa condição em que se deve levá-las em conta na descrição do seu ambiente de trabalho.

O geoprocessamento é uma importante ferramenta na descrição espacial do comportamento de variáveis e se vem tornando indispensável para a execução de projetos relacionados à agricultura (Bucene & Zimback, 2003). Desta forma, este trabalho visa estudar o comportamento do nível de ruído emitido por um trator agrícola em função do raio de afastamento quando em diferentes ambientes de trabalho e rotações do motor.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da EMATER de Anápolis, GO, e na Universidade Estadual de Goiás, em coordenadas geográficas 16°19'36" latitude Sul e 48°57'10" longitude Oeste. A altitude do município é de 980 m e o clima regional é classificado como Aw-Tropical de savana, com precipitação e temperatura média anual de 1400 mm e 29 °C, respectivamente (SEPIN, 2009).

Para a realização dos ensaios utilizou-se como fonte de ruído, um trator agrícola ano 2008, em perfeito estado de conservação, da marca New Holland, modelo TT4030, com motor ciclo diesel, com aspiração natural quatro tempos, sistema de injeção com bomba rotativa, refrigerando a água, com 4 cilindros, cilindrada total de 3908 cm³, com potência nominal, segundo o fabricante, de 55,1 kW (75 cv).

Antes do início de cada ensaio foi realizada a leitura do ruído de fundo de acordo com os parâmetros estabelecidos pela NBR 9999 (1987) para a medição do nível de ruído em máquinas agrícolas. A medição do nível de ruído contínuo produzido foi realizada por um decibelímetro digital, da marca Minipa, modelo MSL-1325, devidamente aferido, com circuito de resposta lenta ("slow") e com a equalização "A", a que mais se aproxima ao ouvido humano. O equipamento dispunha de proteção contra vento, o que minimiza a influência do vento e uniformiza as condições de leitura.

Interferência do ambiente e raio de afastamento no comportamento do nível de ruído

Para medição do ruído em ambiente fechado foi utilizado um galpão de manutenções, construído em alvenaria, tendo 25 m de comprimento por 10 m de largura, totalizando uma área de 250 m², sendo o trator alocado no centro do galpão. Na avaliação do nível de ruído em ambiente aberto o trator foi alocado no centro de um círculo com 10 m de diâmetro e livre de obstáculos.

O nível de ruído produzido pelo trator foi coletado em cinco diferentes raios de afastamento (1, 2, 3, 4 e 5 m) e nas quatro diferentes direções ao redor do trator (dianteira (F); lateral esquerda (E); lateral direita (D) e traseira (T)) totalizando 20 posições. A posição de leitura do nível de ruído ocorreu em relação às direções do trator e à distância até o operador, conforme apresentado na Figura 1.

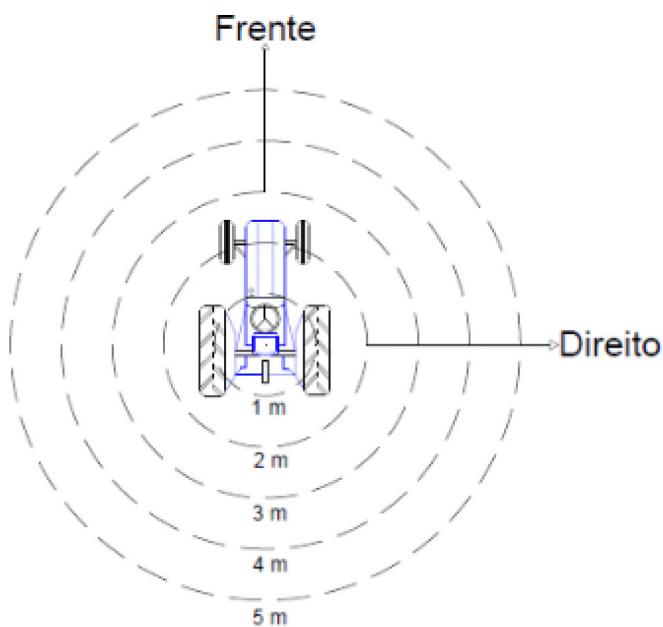


Figura 1. Posição de leitura do nível de ruído em função da posição do operador

Figure 1. Reading position of the noise level depending on the position of the operator

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 20 x 2, com três repetições. Realizou-se a análise de variância e, quando significativos, os dados qualitativos foram tratados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e os dados quantitativos foram referenciados e interpretados através da geoestatística, pelo programa GS+ 5.0.

Interferência da rotação do motor e do ambiente no nível de ruído

Os ambientes utilizados foram fechado e aberto, em que o ambiente fechado foi realizado dentro de um galpão construído em alvenaria, tendo 25 m de comprimento por 10 m de largura, totalizando uma área de 250 m²; o trator foi alocado no centro do galpão e, quando em ambiente aberto, a leitura foi realizada em campo livre de obstáculos.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2, com três repetições

cujos tratamentos foram quatro rotações do motor (1000, 1500, 2000, 2500 rpm) e dois tipos de ambiente. Realizou-se a análise de variância e, quando significativos, os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Interferência do ambiente e raio de afastamento no comportamento do nível de ruído

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, conforme a Tabela 1. Observa-se a interferência da posição e do ambiente no nível de ruído emitido pelo trator, quando analisadas isoladamente.

Tabela 1. Análise de variância do nível de ruído em função da posição e ambiente

Table 1. Analysis of variance of the noise level as a function of position and environment

	GL	SQ	QM	F
Ambiente	1	1216	1216	70,1**
Posição	19	4180	220	12,7**
Posição*Ambiente	19	493	26	1,5
Erro	440	7636	17	
Total	479	13525		

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F

De acordo com a Tabela 2, o nível de ruído apresentou médias mais elevadas no ambiente fechado. Ressalta-se que atividades dentro do galpão de manutenção como em outras que utilizam o trator estacionado, têm seus níveis de ruído agravados pela presença de barreiras para a propagação do som; conforme Navarro & Pimentel (2005) tal fato pode estar relacionado diretamente com o raio de reverberação. Nos dois ambientes o nível de ruído determinado foi superior a 85 dB(A) evidenciando a necessidade do uso de equipamentos de proteção auricular. De acordo com NR – 15 (MTE, 2008) e com base nos resultados encontrados, a exposição máxima que o operador poderia ficar no ambiente fechado é de aproximadamente 1 hora e em ambiente aberto de aproximadamente 2 horas de exposição. A permanência nesses ambientes por períodos superiores aos estabelecidos sem as devidas proteções oferecerá risco grave e iminente à saúde dos operadores e funcionários dentro do raio de exposição dessas intensidades sonoras.

Para o tratamento “Posição”, que se refere à direção e à distância de coleta do nível de ruído em relação ao trator, verificou-se variação significativa dessa variável. Para a análise dos dados obtidos foram utilizadas ferramentas da estatística clássica e da geoestatística, de forma conjunta, no

Tabela 2. Resultado do teste de Tukey para o nível de ruído em função do tipo de ambiente

Table 2. Results of Tukey's test for the noise level depending on the type of environment

Ambiente	dB (A)
Fechado	98,57 A
Aberto	95,38 B

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na vertical não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

sentido de se obter, no primeiro caso, a magnitude da variação e, no segundo, a estrutura da variabilidade espacial.

Na Tabela 3 se encontram os resultados da estatística descritiva para o nível de ruído que tem, por finalidade, descrever os dados amostrais por meio de medidas de posição (média e mediana) e de dispersão (variância, desvio padrão e coeficiente de variação) podendo ser utilizada como ferramenta auxiliar, de forma a complementar a caracterização do comportamento da variável estudada.

Tabela 3. Estatística descritiva para o nível de ruído em função do raio de afastamento

Table 3. Descriptive statistics for the noise level as a function of radius clearance

Parâmetro	Valor
Nº de dados coletados	20
Média	96,97
Mediana	96,48
Mín.	93,01
Max.	103,52
D. Padrão	3,03
Variância	9,16
Erro padrão	0,68
Coef.Assimetria (erro padrão)	0,512 (0,51)
Coef.Curtose (erro padrão)	-0,785 (0,99)
C.V. (%) ¹	3,14
S.W ² (p-value)	0,925 (0,1269)

¹ Coeficiente de variação; ² Valores de probabilidade de Shapiro – Wilk; p-value < 0,05 não normalidade dos dados

Os valores da média e mediana para o nível de ruído são próximos, significando que os dados não apresentam assimetria acentuada e quando os valores da média, mediana e moda apresentam valores semelhantes, os dados se apresentam ou se aproximam da distribuição normal, o que é um indicativo de que as medidas de tendência central não são dominadas por valores atípicos na distribuição demonstrando que a variável envolvida no estudo se aproxima de uma distribuição normal indicando que os dados estão adequados para o uso da geoestatística.

Com relação ao coeficiente de variação, o nível de ruído apresentou baixa variação segundo a classificação proposta por Gomes (2000). Para verificar a normalidade aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk a 95% de probabilidade, sinalizando que a variável analisada apresenta distribuição normal.

A análise geoestatística foi realizada e se verificou que o atributo estudado (nível de ruído) apresentou forte dependência espacial, conforme classificação proposta por Zimback (2001), e alcance superior a 3,5 metros, Tabela 4.

Ainda é possível verificar, na Tabela 4, os parâmetros do semivariograma ajustado ao modelo Gaussiano. O semivariograma ajustado está na Figura 2.

Tabela 4. Parâmetros do semivariograma ajustado aos dados de ruído em função do raio de afastamento

Table 4. Semivariogram adjusted parameters of noise as a function of radius clearance

Variável	Modelo	Geoestatística				
		C_0	$C_0 + C_1$	A	r^2	RSS
Nível de ruído	Gaussiano	1,00	10,84	3,60	0,772	18,8

C_0 – efeito pepita; $C_0 + C_1$ – patamar; a – alcance (m); r^2 - coeficiente de determinação do modelo;

RSS – Soma dos quadrados dos resíduos e IDE – índice de dependência espacial ($C_1 / (C_0 + C_1)$) (%)

⁽¹⁾ IDE – Índice de dependência espacial (fraca ≤ 25%; moderada 26 a 75% e forte > 75%) segundo classificação proposta por ZIMBACK (2001)

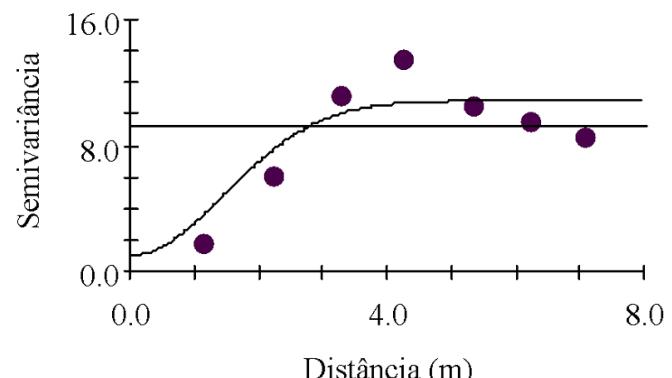


Figura 2. Semivariograma ajustado aos dados de ruído em função do raio de afastamento

Figure 2. Adjusted semivariogram of noise data as a function of radius clearance

Por meio do programa GS+, utilizou-se a ferramenta de validação cruzada, a fim de validar o modelo do semivariograma ajustado para realização da interpolação por krigagem, Tabela 5 e Figura 3.

Tabela 5. Parâmetros da validação cruzada para o semivariograma ajustado aos dados de ruído (dB)

Table 5. Crossvalidation parameters for the adjusted semivariogram fitted noise's data (dB)

Condições do ambiente	Parâmetros da regressão		
	A	b	r^2
Posição	-3,045	1,030	0,846

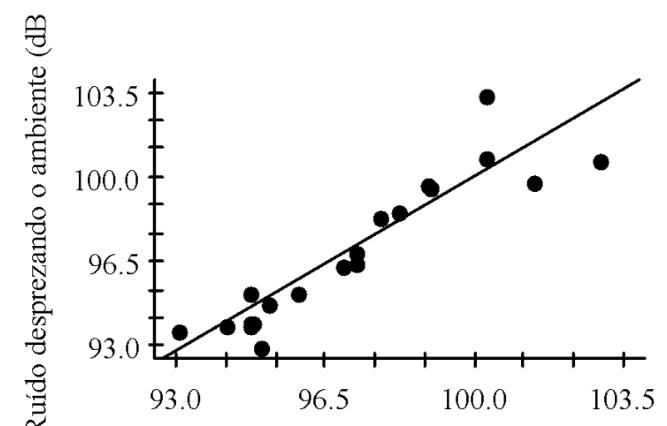


Figura 3. Validação cruzada para o nível de ruído em função do raio de afastamento

Figure 3. Cross validation for the noise level as a function of radius clearance

Um ajuste perfeito teria um coeficiente de regressão igual a 1 e a linha do melhor ajuste coincidiria com o modelo perfeito, isto é, com o coeficiente linear (a) igual a 0 e o angular (b) igual a 1 (Robertson, 1998).

Desta forma, os parâmetros da regressão (Tabela 4) foram satisfatórios para o nível de ruído em função do raio de afastamento, uma vez que o coeficiente linear (a) e o angular (b) do ajuste efetuado foram de -3,045 e 1,030, respectivamente.

Com relação ao coeficiente de determinação da regressão (r^2) também foi encontrado valor satisfatório ($r^2 = 0,846$). Como a variável nível de ruído apresentou ajuste ao semivariograma foi feito o mapa através da técnica de krigagem Figura 4.

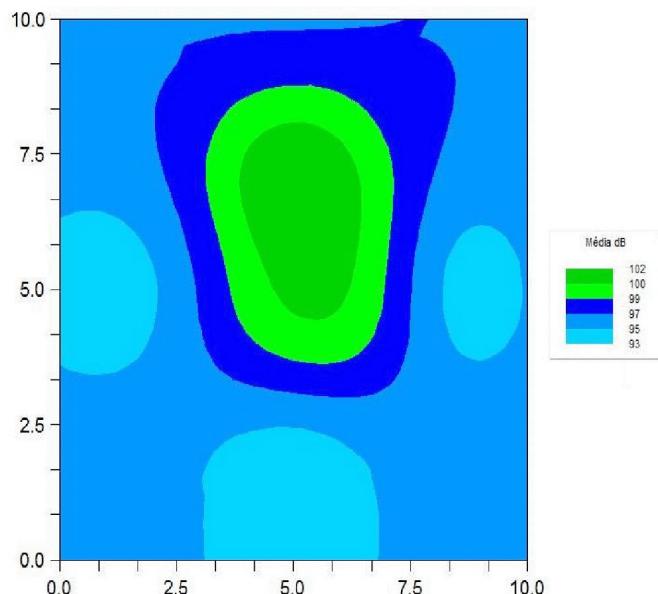


Figura 4. Mapa de distribuição espacial do ruído em função do raio de afastamento

Figure 4. Noise spatial distribution map as a function of radius clearance

No mapa da Figura 4 verifica-se que as regiões de maiores intensidades de ruído ocorrem próximas ao trator, fato previsto, reduzindo-se à medida em que se afasta da posição em que o trator se encontra (5,0 ; 5,0) para o lado esquerdo, direito e traseiro. Para um afastamento em relação à fonte de ruído superior a 3,50 m, para as direções citadas anteriormente, visualizam-se no mapa, as regiões (em azul claro) de menores intensidades de ruído. O menor nível de ruído obtido neste estudo 93dB(A) é maior que o permitido pela legislação (NR – 15) que é 85 dB(A) para se desconsiderar a proteção auricular com uma jornada de trabalho de oito horas. Sempre que se afasta da parte dianteira do trator também ocorre redução do nível de ruído porém em menor intensidade quando comparado com outras direções.

Embora o mapa descreva as regiões de maior e menor intensidade sonora, de qualquer forma há necessidade do uso de EPI para o operador e para qualquer pessoa situada a distâncias iguais ou menores que 5,0 m. Essa distância crítica também foi observada por outros autores, como Baesso et al. (2008) que, estudando o nível de ruído emitido por um conjunto trator - pulverizador com e sem assistência de ar, verificaram que tanto do lado esquerdo do conjunto quanto do lado direito os resultados foram semelhantes e que há necessidade do uso de EPI por parte dos operadores situados a uma distância menor que 5 e 4 metros, para a assistência de ar ligada e desligada, respectivamente.

Interferência da rotação do motor e do ambiente no nível de ruído

A análise de variância da interferência dos tratamentos ambiente de trabalho e rotação do motor demonstra interferir

significativamente o nível de ruído emitido pelo trator, como pode ser visto na Tabela 6. A interação entre o ambiente de trabalho e a rotação do motor apresentou variação significativa no nível de ruído do trator agrícola.

Tabela 6. Análise de variância do nível de ruído em função do ambiente de trabalho e da rotação do motor

Table 6. Analysis of variance of the noise level as a function of environment and engine speeds

	GL	SQ	QM	F
Ambiente	1	1216	1216	94**
RPM	3	5995	1998	154,4 **
Ambiente * RPM	3	203	68	5,2**
Erro	472	6110	13	
Total	479	13525		

** significativo a 1% de significância pelo teste F

Observa-se, de acordo com a Tabela 7 que, com exceção da menor rotação (1000 rpm), o ambiente fechado apresentou níveis mais elevados que os observados em ambiente aberto. Estudando a rotação nos diferentes tipos de ambiente verifica-se que o nível de ruído apresenta comportamento semelhante, elevando-se com o aumento da rotação, sendo o resultado também semelhante aos obtidos por Souza et al. (2008) e Rinaldi et al. (2008).

Tabela 7. Resultado do teste de Tukey para o nível de ruído em função do tipo de ambiente e rotação do motor

Table 7. Results of Tukey's test for the noise level as a function of environment and engine speeds

RPM	Fechado	Aberto
1000	91,61 cA	90,59 cA
1500	99,24 bcA	95,53 bcB
2000	101,06 bcA	97,52 bcB
2500	102,36 aA	97,89 aB

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal não se diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Souza & Leviticus (1995) verificaram, analisando os níveis de ruído de 882 ensaios de tratores realizados no período de vinte e quatro anos (1960-1994) em Nebraska, EUA, que quanto maior a potência mais alto é o nível de ruído; notaram, também, com o passar dos anos, ocorreu convergência dos níveis de ruído para uma faixa de 85-88 dB(A) em todos os espécimes, independentemente da potência e do fato de possuírem ou não cabines. Neste sentido é importante considerar que esta redução da ordem de 10 dB(A) representou uma redução do ruído pela metade. Ainda analisando os resultados do estudo desses autores fica bem evidente o grau de isolamento acústica que se pode conseguir utilizando-se cabines em tratores, recurso que até 1984, em tratores com potência superior a 80 cv, tinha caráter “acessório” nos EUA.

Tosinet al. (2009) verificaram, avaliando o nível de ruído em dois postos de trabalhos em dois tratores agrícolas, que dentre as variáveis estudadas o nível de ruído foi influenciado pela potência do motor e pela condição de possuir cabine ou não, sendo este último o fator mais importante de exposição do operador ao ruído.

Desta forma, a solução definitiva para o problema do ruído não está simplesmente em propor fórmulas para isolá-lo

mas identificar as fontes geradoras de ruído, quer sejam nas partes externas (vibração transmitida pelo motor) ou internas (transmissões).

Na Tabela 8 é possível verificar os valores de exposição máxima diária, de acordo com a norma NR-15. No caso da rotação de 2500 rpm em ambiente fechado, situação mais crítica, o operador pode chegar à condição de 40 minutos de exposição diária sem o uso de equipamentos de proteção individual. Nesta rotação há o acréscimo de aproximadamente 5 dB(A), ao mudar apenas o ambiente, ocasionando uma diferença de 35 minutos no tempo de exposição diária do operador.

Tabela 8. Limite de tolerância à média do nível de ruído contínuo determinado nas condições de realização do experimento, de acordo com a Portaria nº 3.214/78 da NR-15-CLT

Table 8. Tolerance limit of the mean level of continuous noise in certain experimental conditions, according to Decree nº 3.214/78 of the NR-15-CLT

Rotação (RPM)	Ambientes de estudo	
	Fechado	Aberto
1000	3 h	4 h
1500	1h	1h e 45 min
2000	45 min	1h e 15 min
2500	40 min	1h e 15 min

Os resultados evidenciaram que o trator gerou um nível de ruído acima do permitido durante toda a realização do ensaio, sendo os valores superiores aos que regulamenta a norma NR-15, que descreve que, para uma jornada de 8 horas diárias, o nível de ruído não deve ser superior a 85 dB(A).

CONCLUSÕES

A geoestatística demonstrou-se satisfatória para a análise do comportamento do ruído em função do raio de afastamento em torno do trator.

Independente do ambiente de trabalho operações rotineiras que se realizam com distância inferior a cinco metros em relação à posição central do trator, devem ser efetuadas com utilização de EPI.

Os níveis de ruído obtidos neste estudo foram superiores ao permitido pela legislação. A condição crítica encontrada foi obtida quando realizadas operações em ambiente fechado e rotações acima de 2500 rpm.

Os cuidados em relação ao nível de ruído emitido pelo trator devem ser aguçados quando utilizados em operações estacionárias em ambientes fechados, tornando-se imprescindível a utilização de equipamentos de proteção auricular, tanto para o operador da máquina como para os funcionários que trabalham em distâncias prejudiciais.

LITERATURA CITADA

- Almeida, D. S.; Ilgner, N. O.; Russo, S. Determinação e análise dos níveis sonoros nos habitáculos de colhedoras agrícolas. Santo Ângelo-RS, 2001. <<http://www.urisan.tche.br/~gep/2001/colhedorasagricolas.pdf>>. 19 Out. 2010.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Norma NBR 9999: Medição do nível de ruído no posto de operação de tratores e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro, 1987. 21p.
- Baesso, M.M.; Teixeira, M.M.; Rodrigues Junior, F.A.; Magno Junior, R.G.; Fernandes, H.C. Avaliação do nível de ruído emitido por um conjunto trator-pulverizador com e sem assistência de ar. Engenharia na Agricultura, v.16, n.4, p.400-407, 2008. <<http://www.seer.ufv.br/seer/index.php/reveng/article/viewFile/56/28>>. 17 Out. 2010.
- Bucene, L.C.; Zimback, C.R. L. Comparação de métodos de interpolação e análise espacial em dados de pH, em Botucatu-SP. Revista Irriga, v.8, n.1, p. 21-28, 2003. <<http://200.145.140.50/ojs1/viewarticle.php?id=178&layout=abstract>>. 15 Set. 2010.
- Cunha, J. P. A. R.; Duarte, M.A.V.; Rodrigues, J.C. Avaliação dos níveis de vibração e ruído emitidos por um trator agrícola em preparo de solo. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 39, n. 4, p. 348-355, 2009. <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/6927/5904>>. 05 Nov. 2010.
- Cunha, J. P. A. R.; Teodoro, R. E. F. Avaliação do nível de ruído em derriçadores e pulverizadores motorizados portáteis utilizados em lavouras de café. Bioscience Journal, v. 22, n. 3, p. 71-77, 2006. <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6363/4112>>. 12 Out. 2010.
- Dias, E. C. A. Condições de vida, trabalho, saúde e doença dos trabalhadores rurais no Brasil. Brasília, 2006. <http://www.ugt.org.br/images/arquivos/saude_trabalhador_rural.pdf>. 30 Ago. 2010.
- Gomes, P.F. Curso de estatística experimental. 14. ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477p.
- Kahil, M. A.; Gamero, C. A. Níveis de ruído: Avaliação ergonômica de alunstratores e equipamentos agrícolas. Energia na Agricultura, v.12, n.3, p.46-53, 1997.
- Navarro, M. P. N.; Pimentel, R. L. Conforto acústico em praças de alimentação de shopping centers. Revista Conforto, Eficiência e Segurança no Trabalho, v.1, n.2, p. 24-33, 2005.
- Ministério do Trabalho e do Emprego - MTE. NR 15 - Atividades e operações insalubres. Brasília, 2008. <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A36A27C140136A8089B344C39/NR-15%20\(atualizada%202011\)%20II.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A36A27C140136A8089B344C39/NR-15%20(atualizada%202011)%20II.pdf)>. 12 Nov. 2010.
- Organização Panamericana de la Salud - OPS. Organización Mundial de la Salud – OMS. Critérios de salud ambiental, 12: el ruído. México: OPS/OMS, 1980. 99p.
- Rinaldi, P. C. N.; Fernandes, H. C.; Silveira, J. C. M.; Junior, R. G. M.; Minette, L. J. Características de segurança e níveis de ruído em tratores agrícolas. Engenharia na Agricultura, v.16, n.2, p. 215-224, 2008. <<http://www.seer.ufv.br/seer/index.php/reveng/article/view/19/9>>. 11 Nov. 2010.
- Robertson, G.P. GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.
- Santos Filho, P. F.; Fernandes, H. C.; Queiroz, D. M.; Souza, A. P.; Camilo, A. J. Utilização de um sistema de aquisição automática de dados para avaliação dos níveis de ruído de um trator agrícola de pneus. Revista Árvore, v. 28, n. 3, p. 381-386, 2004. <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v28n3/21605.pdf>>. 05 Nov. 2010. doi:10.1590/S0100-67622004000300009

- Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação - SEPIN, 2009. http://www.seplan.go.gov.br/sepin/perfilweb/Estatistica_bde.asp. 12 Nov. 2010.
- Silveira, J. C. M. da; Fernandes, H. C.; Rinaldi, P. C. N.; Modolo, A. J. Níveis de ruído em função do raio de afastamento emitido por diferentes equipamentos em uma oficina agrícola. *Engenharia na Agricultura*, v. 15, n.1, p.66-74, 2007. <<http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/Vol15/v15n1p66-74.pdf>>. 11 Out. 2010.
- Souza, E.G.; Leviticus, L.I. Analysis of sound level from Nebraska tractor test data. Lincoln: Nebraska Power Laboratory, 1995. 21p.
- Souza, L. H.; Vieira, L.B.; Dias, G.P.; Regazzi, A.J. Níveis de ruído em picadoras de forragem tipo desintegrador/picador/moedor (DPM). *Engenharia na Agricultura*, v.16, n.1, p.99-108, 2008. <http://www.sumarios.org/sites/default/files/pdfs/37269_4660.PDF>. 11 Nov. 2010.
- Tosin, R. C.; Lanças, K.P.; Araujo, J. A. B. Avaliação do ruído no posto de trabalho em dois tratores agrícolas. *Energia na Agricultura*, v.24, n.4, p.108-118, 2009. <http://200.145.140.50/html/CD_REVISTA_ENERGIA_vol24n4/vol24n42009/Ricardo%20Carvalho%20Tosin%20final.pdf>. 05 Out. 2010.
- Zimback, C.R.L. Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade. Botucatu: FCAV/UNESP, 2001. 114 p. Tese Livre-Docência.