

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 PROTEÇÃO DE VENTO¹

ALEXANDRE TORRES MAGALHÃES², JORGE WILSON CORTEZ³ & HIDEO DE JESUS NAGAHAMA⁴

RESUMO: O nível de ruído a que se pode ficar exposto diariamente deve ser mantido abaixo de 85 dB(A). A norma reguladora regulamentadora NR-15 estabelece os limites de tolerância para os ruídos contínuos, não é permitida exposição a níveis de ruído acima de 115 dB (A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos, sendo o limite máximo tolerável. O objetivo do trabalho foi avaliar o nível de ruído do trator agrícola novo sem cabine em condições estáticas (rotação e distância) e dinâmica (velocidade e condição do solo) utilizando o decibelímetro com e sem o protetor de vento. O trabalho foi realizado no Campus de Ciências Agrárias da UNIVASF, Petrolina/PE, Brasil. Avaliou em condições estáticas o nível de ruído em diferentes posições (frente, traseira, esquerda e direita) até a distância de 15 m em relação ao assento do operador, e em rotações do motor de 900 a 2500 rpm no assento do operador, e de forma dinâmica em pistas de concreto, asfalto e terra batida com as velocidades de 2,3; 3,8; 4,9; 6,1 e 8,1 km h⁻¹. Os dados foram analisados pela análise de variância, quando significativo a pelo menos 5% de probabilidade no teste de F, para fatores qualitativos, regressão para fatores quantitativos e a geoestatística para a propagação do ruído em relação às distâncias do trator. O nível de ruído aumentou com a progressão da rotação e diminuição da distância. A velocidade e o tipo de piso interferem no nível de ruído.

Palavras-chave: Máquinas Agrícolas, variabilidade espacial, potência sonora.

¹ Parte do Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Agrícola e Ambiental do primeiro autor.

² Eng. Agrícola e Ambiental, Egresso do curso de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco. Av. Antonio Carlos Magalhães, 510, Santo Antônio, CEP:48902-300, Juazeiro – BA. xandetmagalhaes@hotmail.com

³ Prof. Adjunto da UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Rodovia BR 407 -12 Lote 543 Projeto de Irrigação Nilo Coelho, CEP: 56300-000, Petrolina, PE, Brasil. jorge.cortez@univasf.edu.br

⁴ Eng. Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola na UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco. Av. Antonio Carlos Magalhães, 510, Santo Antônio, CEP:48902-300, Juazeiro – BA. hideo.nagahama@univasf.edu.br

FARM TRACTOR NOISE LEVEL OBTAINED AS A FUNCTION OF DISTANCE, SPEED CONDITION AND SOIL CONDITION USING A DECIBEL METER WITH AND WITHOUT WIND PROTECTON

SUMMARY: *Noise level exposure on a daily basis should be maintained below 85 dB (a). Regulatory standard NR-15 establishes the limits of tolerance for the continuous noise, no exposure to noise levels above 115 dB (A) for individuals who are not adequately protected, being the maximum tolerable limit. The objective of this work was to evaluate the noise level from the new farm tractor without a cab when the vehicle is stationary (rotation and distance) and dynamics (speed and soil condition) using the decibel meter with and without the wind shield. The study was conducted in the Agricultural Sciences Campus of UNIVASF, Petrolina, PE, Brazil. Static conditioners evaluated the noise levels in different positions (front, rear, left and right) up to a distance of 15 m in relation to the operator's seat, and 900 engine revs to 2500 rpm in the operator's seat, and dynamically on concrete floors, asphalt and dirt with the speeds of 2.3; 3.8; 4.9; 6.1 and 8.1 km/h. The data was analyzed by variance, when significant to at least 5% probability in the F test for qualitative factors, regression to quantitative factors and geostatistics for the propagation of the noise over the distances of the tractor. The noise level has increased with the progression of rotation and decrease in distance. Speed and ground type effect noise levels.*

Keywords: *Agricultural equipment, spacial variability, sound power.*

1 INTRODUÇÃO

A avaliação da segurança de operações agrícolas são inspeções que visam avaliar: homem, máquina, ambiente externo e a forma de trabalho (ZÓCCHIO, 1971; CUTULI ET AL. 1977; E LIDA, 1990). A diminuição do desempenho dos operadores de tratores é causada por diversos fatores como: insolação, vibração, poeira, defensivos agrícolas, insetos e o calor do motor (Fernandes, 2003).

O ruído pode ser definido como sons desagradáveis, indesejáveis ou em desarmonia, podendo eles causar problemas físicos e psíquicos a saúde do homem (MIALHE, 1996).

Santos Filho et al. (2003), Dewangan et al. (2005) e Cunha e Teodoro (2006) avaliaram os ruídos causados por máquinas agrícolas e concluíram que os trabalhos de operação foram desconfortáveis para o operador, mesmo com o uso de protetores auriculares, ainda podem ser notados riscos à saúde.

Cunha et al., (2009) observaram que mesmo com o emprego de protetores auriculares, em sua maioria, não é uma medida eficiente, quando usada exclusivamente, para evitar danos à saúde do traba-

lhador. O seu uso reduz os níveis de ruído em até 20 dB (A), sendo muito importante utilizar outros mecanismos, como o uso de cabinas e/ou protetores auriculares específicos.

Silveira et al., (2008) analisaram o nível de ruído em um trator com 8 anos de uso e concluíram que a potência sonora foi 96,7 dB (A) e que o operador somente deve se expor sem o uso de protetores até um período de 1 h e 15 min, sem causar efeitos danosos. Tosin et al., (2009) concluíram que o nível de ruído gerado pelo trator não foi influenciado pelo tipo de solo, pressão de inflação dos pneus agrícolas e velocidade de deslocamento. Yanagi Junior et al. (2012) avaliando a variabilidade espacial do ruído de um trator agrícola em diferentes direções, concluíram que os níveis de ruído estavam acima de 85 db(A) próximo ao operador, e que os mapas gerados pela geoestatísticas podem ser utilizados para definir áreas com diferentes níveis de ruído em torno do trator.

Pressupõe-se que o nível de ruído será afetado pela rotação, distância, a velocidade e a condição do solo na operação de um trator agrícola. O objetivo do trabalho foi avaliar o nível de ruído do trator agrícola sem cabine em condições estáticas (rotação e distância) e dinâmica (velocidade e condição do solo) utilizando o decibelímetro com e sem o protetor de vento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local

O trabalho foi conduzido no Campus das Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, em Petrolina (PE), Brasil, que se localiza a latitude de 09°23' sul, longitude de 40°30' oeste e altitude de 393 m. Segundo a classificação de Köppen, apresenta clima tropical semiárido, tipo BshW, caracterizado pela escassez e irregularidade das precipitações com chuvas no verão e forte evaporação em consequência das altas temperaturas.

2.2 Equipamentos

Como fonte de potência foi utilizado trator da marca: New Holland, modelo TT3840 – TDA (tração dianteira auxiliar) novo, com 41 kW (55 cv) de potência no motor a 2.500 rpm, com 33,4 horas de utilização, com pneus dianteiros 9.5-24 R1 e traseiros 16.9-28 R1, com sistema de transmissão 8x2 (frente x ré), sendo 1L, 2L, 3L, 4L, 1H e 2H, 3H e 4H; peso sem operador de 2.355 kg, mais lastros dianteiros de 240 kg e traseiros de 200 kg, no total de 2.795 kg (NEW HOLLAND, 2008).

Os níveis de ruído foram determinados por meio do decibelímetro digital da Marca Minipa - modelo MSL-1325 com três faixas de medição (Baixa – 32-80 dB; 50-100 dB e 80-130 dB) e protetor de

vento atendendo a norma IEC 651 (*International Electrotechnical Commission*), tipo 2 (classes de 0 a 3), que define para uso de campo. Foi utilizado conforme MTE (2010) nos circuitos de resposta lenta (S-Low) e de equalização “A”, sendo expresso em dB.

2.3 Delineamento experimental

Para a avaliação do nível de ruído na condição estática em função da rotação do motor utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) sendo as rotações de 900 a 2.500 rpm, intercaladas a cada 250 rpm utilizando o decibelímetro com e sem o protetor de vento com três repetições medidas a cada 5 s próximo ao assento do operador.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em fatorial de dois fatores, sendo 4x15 para a avaliação do nível de ruído em função das quatro posições (frente, traseira, direita e esquerda) e das distâncias em relação ao trator (de 1 m a 15 m), com o decibelímetro com e sem o protetor de vento, utilizando três repetições a cada 5 s. A posição zero foi considerada o valor obtido próximo ao assento do operador conforme ABNT (1999) e Mialhe (1996).

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em fatorial de três fatores, 3x2x5, sendo três pistas (concreto, asfalto e terra batida), o decibelímetro com e sem protetor de vento e cinco velocidades de deslocamento (L1, L2, L3, L4 e H1), com três repetições medidas a cada 5 s próximo ao assento do operador, para a avaliação dinâmica do nível de ruído.

2.4 Parâmetros e condições de avaliação

As avaliações basearam-se no método descrito na NBR-9999 (ABNT, 1987). Segundo esta norma, na posição e momento do ensaio de medição do nível de ruído, a temperatura ambiente deve estar entre -5 e 30 °C e a velocidade do vento devem ser inferior a 5,0 m s⁻¹ que foram observados por meio de uma estação meteorológica no Campus de Ciências Agrárias. No dia do experimento a velocidade do vento e a temperatura eram de, 25,3°C e 4,3 m s⁻¹, respectivamente, atendendo as solicitações da norma. O ruído de fundo coletado no momento foi de 60,7 dB(A) (sem protetor de vento) e 65,2 dB(A) (com protetor de vento).

Para realizar as medições colocou-se o medidor de nível de ruído próximo ao ouvido do operador, entre 0,79 m acima, 0,15 m à frente e 0,20 m lateralmente em relação ao ponto de referência do assento - (SIP – Seat Index Point), de acordo com a norma NBR 5353 (ABNT, 1999), ou seja, o microfone foi instalado do lado da cabeça do operador que foi submetido ao nível de ruído (Mialhe, 1996), com as determinações coletadas a cada 5 s.

Na condição estática com a mudança da rotação do motor do trator de 900 a 2.500 rpm, a cada 250 rpm, foi observado pelo tacômetro e avaliado o nível de ruído para cada intervalo. Sendo as determinações realizadas a cada 5 s, depois de esperar um minuto para o trator estabilizar na rotação pretendida.

Para avaliação do ruído em função das distâncias em relação ao trator as leituras foram tomadas em cada posição de 1 a 15 m, a intervalo de 1 m, direcionadas para os lados direito e esquerdo e partes anterior e posterior do trator (Figura 1), considerando a posição zero como sendo no assento do operador. Em cada ponto, foram realizadas três leituras para cada condição com o motor a 2.000 rpm, condição em que fornece 540 rpm na tomada de potência.

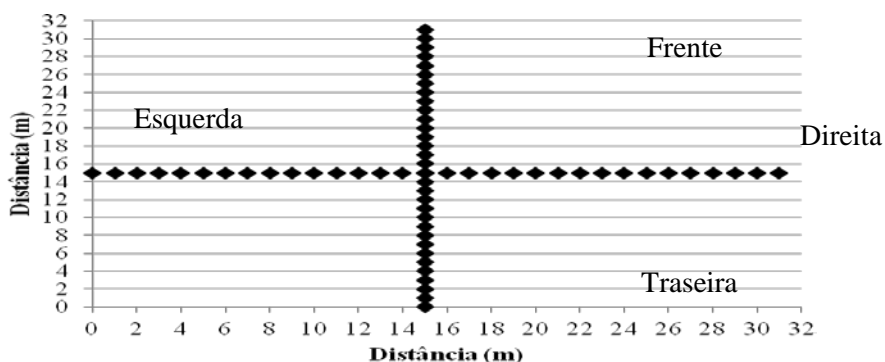


Figura 1 - Esquema de amostragem dos valores de ruído em relação a posição do trator.

Na condição dinâmica foram tomadas medidas do nível de ruído próximos do assento do operador, no percurso de 30 m com o trator em movimento, nas velocidades teóricas de 2,3 km h⁻¹ (L1), 3,8 km h⁻¹ (L2), 4,9 km h⁻¹ (L3), 6,1 km h⁻¹ (L4) e 8,1 (H1), (adaptado de Mialhe, 1996) com o motor a 2.000 rpm, em três condições de pista: concreto, asfalto e terra batida.

2.5 Análise dos dados

Realizou-se análise de variância para todas as avaliações. Aplicou-se o teste de Tukey para comparação de médias quando foram significativas no teste de Fisher “F” a 5% de probabilidade. Realizou-se análise de regressão polinomial ortogonal quando os fatores quantitativos foram significativos pelo teste de Fisher “F” a 5% de probabilidade.

Para verificar a dependência espacial e obter os mapas do ruído em torno do trator foi empregada a análise geoestatística. Foram construídos semivariogramas, partindo das pressuposições de estacionariedade da hipótese intrínseca e do cálculo da função semivariância e os ajustes dos modelos teóricos. O ajuste do semivariograma foi observado pelo maior valor do coeficiente de determinação (R^2), o menor valor da soma de quadrados dos desvios (RSS) e o maior valor da dependência espacial (ADE). Esse ajust-

te foi dito como “a sentimento”, o qual se escolheu o modelo e respectivos parâmetros e este é sobreposto aos pontos estimados verificando-se visualmente a adequação. O processo se repetiu até se encontrar o modelo mais adequado. O modelo escolhido foi posto a prova por meio da validação cruzada e desta forma foi possível selecionar não apenas um único modelo, mas um conjunto deles que pode ser verificado pela validação. Para obtenção dos mapas de isolinhas (bidimensionais) foi utilizado um interpolador (preditor), a Krigagem ordinária, permitindo o maior detalhamento espacial do atributo estudado, no caso a resistência mecânica do solo a penetração.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Condição estática – rotação

Pode-se observar que o nível de ruído é maior quando se usa o decibelímetro sem o protetor de vento, pois a proteção inibe a ação do vento nas oscilações do ruído (Tabela 1). Os maiores valores de ruído foram encontrados na rotação de 2250 e 2500 rpm, condição está de maior movimento das parte mecânicas do trator, que também ocasiona aumento de vibração que ajuda a aumentar o valor do ruído. Santana et al., (2010) verificaram também incremento do nível de ruído a medida que aumenta a rotação e que apenas a rotação de 700-800 rpm pode-se trabalhar sem protetor auricular. A rotação de 900 rpm apresentou maior valor de ruído para o aparelho com protetor, o que pode estar associado a alguma rajada de vento no momento da coleta dos dados desta rotação.

Tabela 1 - Desdobramento da interação para o nível de ruído em função da rotação e do uso de proteção de vento no decibelímetro

Rotação (rpm)	Nível de ruído (dB(A))		Média
	Com protetor	Sem protetor	
900	82,4 Ea	81,5 Fb	81,9 g
1000	83,7 Ea	84,1 Ea	83,9 f
1250	85,7 Da	85,4 Ea	85,6 e
1500	86,9 Db	87,8 Da	87,4 d
1750	88,8 Ca	89,6 Ca	89,2 c
2000	89,7 BCb	90,9 BCa	90,3 b
2250	90,9 ABb	92,1 ABa	91,5 a
2500	92,2 Aa	92,6 Aa	92,4 a
Média	87,5 b	88,0 a	---

Médias seguidas de mesma letra minúscula na LINHA e maiúscula na COLUNA não diferem entre si pelo teste de TUKEY a 5% de probabilidade.

Gonçalves (2010) encontrou para a rotação de marcha lenta e máxima de um trator de 55,2 kW (75 cv) na condição parado, níveis de ruído de 91,56 e 103,31 dB(A), respectivamente. Os valores encontrados pelo autor, como neste trabalho estão acima dos recomendados pela MTE (2010), 85 dB(A), para uma exposição máxima de 8 horas, a exceção neste trabalho para as rotações de 900 e 1000 rpm (média de 81,9 e 83,9 dB(A) respectivamente). A diferença entre os dados de Gonçalves (2010) e este trabalho pode ser devido a potência dos tratores que são diferentes, sendo o deste trabalho menor. Vigna et al., (2007) verificaram para diferentes colhedoras e condições que os níveis de ruído estiveram acima dos limites permitidos.

Verificou-se pela análise de regressão polinomial para o nível de ruído que foi significativa a regressão de primeiro grau com maior R^2 . O gráfico de regressão (Figura 2) apresenta as retas dos modelos selecionados para o nível de ruído com e sem protetor de vento do aparelho. Observa-se que a diferença entre o uso do protetor ou não foi pequena e que a partir de 1250 rpm observam-se valores de ruídos acima do permitido pela legislação brasileira a NR-15, de 85 dB (A), sem o uso de protetor auricular. De maneira geral, pode-se afirmar que se deve utilizar protetor auricular mesmo com o trator em baixas rotações.

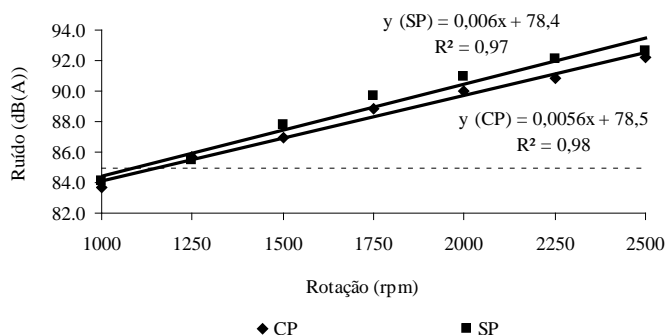


Figura 2 - Nível de ruído em função da rotação do motor e do uso do protetor de vento. Erro padrão da média para todos os pontos foi de 0,1 dB(A). CP: decibelímetro com protetor e SP: decibelímetro sem protetor

Comparando os dados deste trabalho com os de Alves et al., (2011) que trabalharam com trator de 55,2 kW (75 cv) em diferentes rotações, concluíram que à medida que aumenta a rotação do trator, há incremento no nível de ruído. Confirmando com os dados deste trabalho com trator de 41 kW (55 cv).

3.2 Condição estática – posição x distâncias

Observa-se que em relação à posição do trator o maior valor de ruído foi verificado na parte esquerda do trator e a menor na parte traseira, sendo a direita e esquerda intermediárias, utilizando o decibe-

límetro com (Tabela 2) e sem protetor de vento (Tabela 3). O lado esquerdo do trator tem o escapamento, que é uma fonte importante de ruído. Alves et al. (2011) verificaram também menores valores de ruído na posição traseira do trator, e maior na frente e direita.

À medida que se afasta do trator verifica-se diminuição dos valores de ruído e verificou-se com o decibelímetro com e sem protetor que a partir de 3 m pode-se trabalhar sem o uso de protetor auricular, pois os valores do ruído foram abaixo de 85 dB(A), conforme MTE (2010). Esperava-se que na posição zero (0) com o aparelho próximo assento do operador apresenta-se o maior valor de ruído, no entanto verificou-se menor valor de ruído do que a um metro de distância, posição do lado do motor, o que provavelmente fez apresentar maior valor de ruído. Resultados similares aos encontrados por Alves et al., (2011) e os autores ainda verificaram que quando se afasta do trator diminuiu-se o nível de ruído e que para trabalhar próximo do trator deve-se utilizar protetor auricular, pois até 4 m os níveis de ruído estão acima do permitido pela legislação brasileira (85 dB(A)), segundo MTE (2010).

Tabela 2 - Síntese do desdobramento da interação posição x distâncias para os valores médios do nível de ruído com decibelímetro com e sem protetor de vento

Fatores Distâncias (m)	Nível de ruído (dB(A))				
	Esquerdo	Direito	Frente	Traseira	Média
Com protetor de vento					
0	90,0 Ca	90,0 Ca	90,0 Aa	90,0 Aa	90,0 b
1	96,6 Aa	94,9 Ab	90,5 Ac	88,6 Bd	92,7 a
2	91,7 Ba	91,1 Ca	86,5 Bb	84,1 Cc	88,3 c
3	85,8 Da	85,1 Da	83,3 Cb	81,4 Dc	83,9 d
4	82,0 Ea	83,0 Eb	81,6 Db	79,8 Ec	81,6 e
5	79,7 Fa	80,8 Fb	79,4 Eb	78,3 Fc	79,6 f
6	77,7 Ga	79,7 Gb	77,6 Fb	76,6 Gc	77,9 g
7	76,1 Hb	78,7 Ha	76,6 Fb	75,0 Gc	76,6 h
8	75,3 Hlb	77,1 Ia	75,5 Gb	74,3 Hlc	75,5 i
9	74,4 IJbc	76,6 Ia	75,0 GHb	73,7 Ic	74,9 j
10	73,5 JKb	76,3 Ia	74,2 Hlb	72,7 Jc	74,2 k
11	72,5 Kc	75,1 Ja	73,5 IJb	71,7 Kd	73,2 l
12	71,5 Lc	73,8 Ka	72,8 Jb	70,5 Ld	72,1 m
13	70,5 LMc	72,8 KLa	71,8 Kb	69,9 Lc	71,3 n
14	70,2 Mc	73,0 Ka	71,5 KLb	69,8 Lc	71,1 no
15	70,7 LMb	71,9 La	70,6 Lb	69,8 Lc	70,7 o
Média	80,0 a	78,6 b	78,2 c	76,6 d	--
Sem protetor de vento					
0	90,9 Ba	90,9 Ba	90,9 Aa	90,9 Aa	90,9 b
1	95,1 Ab	96,6 Aa	90,8 Ac	89,5 Ac	93,0 a

2	91,5 Ba	89,9 Bb	87,6 Bc	84,8 Bd	88,4 c
3	85,7 Ca	86,4 Ca	84,2 Cb	82,7 Cc	84,8 d
4	83,6 Dab	84,2 Da	82,4 Cb	80,3 Dc	82,6 e
5	81,5 Ea	81,7 Ea	79,7 Db	77,9 Ec	80,2 f
6	80,0 EFa	80,7 EFa	77,4 Eb	76,5 Eb	78,6 g
7	78,7 FGa	79,7 Fa	76,0 EFb	76,4 Eb	77,7 h
8	77,2 GHb	78,9 FGa	75,1 FGc	74,5 Fc	76,4 i
9	76,1 HIa	77,3 GHa	74,5 FGHc	74,2 Fc	75,5 i
10	74,7 IJb	76,4 HIa	73,7 GH Ib	72,3 Gc	74,2 j
11	74,6 IJa	75,1 IJa	73,1 HIJb	72,0 Gb	73,8 j
12	73,5 JKa	74,0 JKa	72,0 IJ Kb	70,0 Hc	72,4 k
13	73,9 Ja	74,0 JKa	71,6 JK Ib	69,6 Hc	72,3 k
14	71,8 KLa	72,9 KLa	71,8 JKa	69,6 Hb	71,5 kl
15	69,9 Lb	72,1 La	70,8 Kab	69,6 Hb	70,6 l
Média	80,7 a	79,9 b	78,2 c	76,9 d	--

Médias seguidas de mesma letra minúscula na LINHA e maiúscula na COLUNA não diferem entre si pelo teste de TUKEY a 5% de probabilidade.

Na análise comparativa do aparelho com e sem protetor verifica-se uma diferença média nos valores de ruído de 1,25%, 0,86%, 0,0% e 0,40% para as posições direito, esquerdo, frente e traseira. Nas distâncias verifica-se diferença média geral de 0,75%. Na prática não se evidencia diferença entre o uso ou não de protetor uma vez que, as diferenças são praticamente imperceptíveis, provavelmente devido a velocidade de o vento estar abaixo de 5 m s^{-1} .

Para a posição direito e esquerdo os maiores valores de ruído foi a um metro, considerando a provável ação direta dos ruídos do motor e também da ação do vento nos valores a um metro, e pouco ou nenhuma ação na posição zero (0), portanto deve-se utilizar protetor auricular quem trabalha até 3 m de distância. Para a posição traseira deve-se utilizar protetor auricular quem trabalha até 1 m de distância. Para a posição frente deve-se utilizar protetor auricular quem trabalha até 2 m de distância. À medida que aumenta a distância em relação ao trator diminui-se o ruído.

A propagação do ruído em torno do trator até as distâncias de 15 m para frente, traseira, direito e esquerda pode ser visualizada na Figura 3. Observa-se maior valor de ruído no centro da área, em virtude de ser o local do posicionamento do trator na área, como verificado por Yanagi Junior et al. (2012). Em relação ao uso ou não do protetor de vento, verifica-se pequena ou quase nenhuma diferença nos valores de ruído considerando as condições do ensaio, provavelmente devido a velocidade do vento estar abaixo de 5 m s^{-1} .

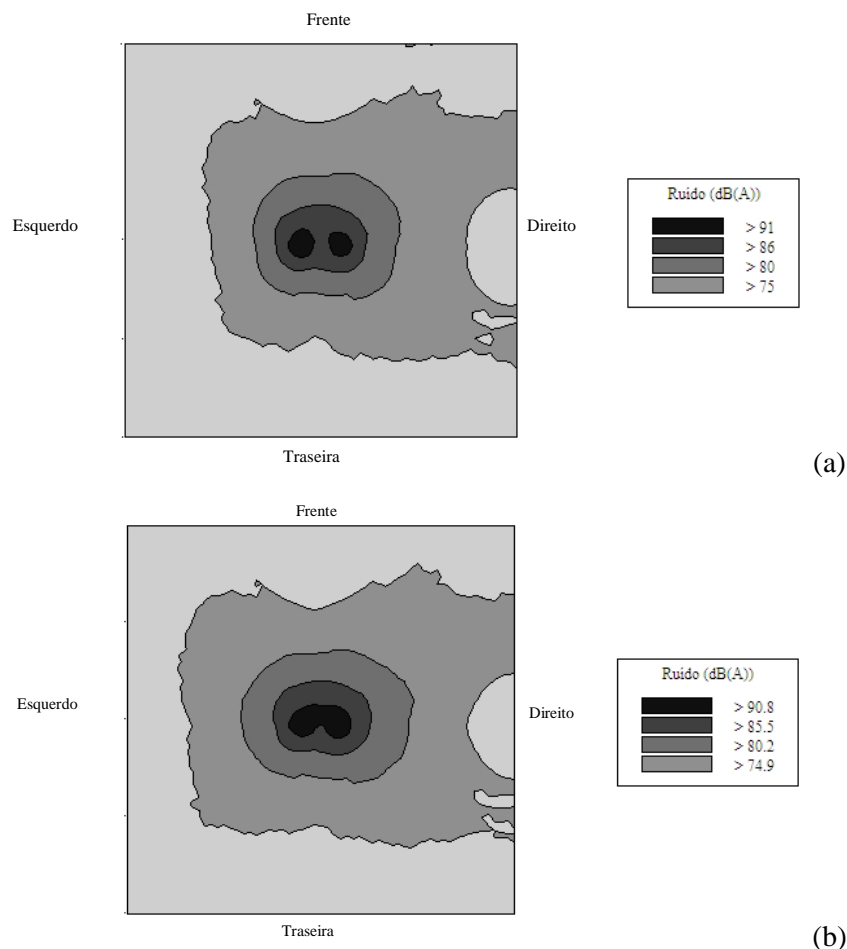


Figura 1- Mapa de propagação do ruído considerando as distâncias e posições com o decibelímetro com (a) e sem (b) protetor de vento.

3.3 Condição dinâmica – pistas x velocidades

Observa-se que o nível de ruído emitido pelo trator foi maior na pista de concreto e de terra batida, sendo menor na pista de asfalto (Tabela 3). A diferença da pista de asfalto para as demais foi de 0,22% para concreto e de 0,33% para terra batida. Arcoverde (2010) em experimento com trator de 55,2 kW (75 cv) trafegando em solo coberto e solo preparado verificou comportamento distinto dos níveis de ruído em ambas as pistas, sendo que o menor valor de ruído (91,3 dB(A)) foi observado na menor velocidades (3,0 km h⁻¹) em solo preparado. Para Alves et al. (2011) com trator de 55,2 kW (75 cv) verificaram maiores valores de ruído na pista de concreto e na maior velocidade de deslocamento (13 km h⁻¹).

Para o uso ou não do protetor de vento verifica-se que não houve diferença significativa ocorrendo o mesmo para as velocidades de deslocamento do trator (Tabela 3). Arcoverde (2010) verificou também que a velocidade de deslocamento não afetou os níveis médios de ruído isoladamente, mas associada a

outros fatores pode influenciar os níveis de ruído, como o tipo da operação agrícola. Todos os valores de ruídos observados estão acima dos permitidos pela legislação brasileira, de 85 dB(A) (MTE, 2010). Alves et al. (2011) verificaram que de maneira geral as maiores velocidades de deslocamento proporcionaram os maiores níveis de ruído.

Tabela 3 - Síntese da análise de variância dos valores médios do nível de ruído em função do uso das pistas de ensaio, do uso do protetor de vento e velocidade de deslocamento.

Fatores	Nível de ruído (dB(A))
Pistas (P)	
Concreto	90,1 a
Asfalto	89,9 b
Terra batida	90,2 a
Protetor (Pr)	
Com protetor	90,2 a
Sem protetor	90,1 a
Velocidades (V) km h⁻¹	
2,3	89,9 a
3,8	89,9 a
4,9	90,1 a
6,1	90,1 a
8,1	90,2 a
TESTE DE F	
P	6,4**
Pr	2,0 ns
V	1,5 ns
P x Pr	1,0 ns
P x V	6,5**
Pr x V	4,2**
P x Pr x V	1,7 ns
CV	0,4

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. ^{ns}: não significativo (P>0,05); *: significativo (P≤0,05); **: significativo (P≤0,01). CV.: coeficiente de variação (%).

Para a interação pistas x velocidades verifica-se que para a pista de concreto os valores de ruído foram menores apenas na velocidade de 4,9 km h⁻¹, no entanto, está velocidade não diferiu de 3,8 e 6,1 km h⁻¹ (Tabela 4). Para a pista de asfalto os maiores valores de ruído foram observados nas maiores velocidades, 4,9; 6,1 e 8,1 km h⁻¹. Como também verificado por Costa et al., (2010) para pista de asfalto nas velocidades de 10,7 e 13 km h⁻¹. Estes resultados corroboram também com os de Vitoria (2000), em que as maiores velocidades produzem maiores ruídos. Para a pista de terra batida não se verificou diferença no

ruído entre as velocidades de deslocamento. Considerando os limites de ruídos permitidos para a exposição em 8 horas de trabalho, os valores encontrados em todas as pistas e velocidades excedem o permitido de 85 dB (A), conforme MTE (2010).

Tabela 4 - Desdobramento da interação pistas x velocidades para os valores médios do nível de ruído.

Velocidade (km h ⁻¹)	Nível de ruído (dB(A))		
	Concreto	Asfalto	Terra batida
2,3	90,5 Aa	89,4 Bc	89,9 Ab
3,8	90,1 ABa	89,4 Bb	90,3 Aa
4,9	89,7 Bb	90,2 Aa	90,4 Aa
6,1	89,9 ABa	90,0 ABa	90,4 Aa
8,1	90,4 Aa	90,3 Aa	89,9 Aa

Médias seguidas de mesma letra minúscula na LINHA e maiúscula na COLUNA não diferem entre si pelo teste de TUKEY a 5% de probabilidade.

Analisando cada velocidade (Tabela 4) verifica-se que houve diferença entre as pistas para as velocidades de 2,3; 3,8 e 4,9 km h⁻¹. Para a velocidade de 2,3 km h⁻¹ a pista de concreto apresentou o maior valor de ruído, seguido da terra batida e depois do asfalto. Para a velocidade de 3,8 km h⁻¹ a pista de concreto e terra batida não diferiram, sendo o menor valor de ruído na pista de asfalto. Para a velocidade de 4,9 km h⁻¹ a pista de asfalto e terra batida não diferiram e o menor valor de ruído foi encontrado na pista de concreto, diferindo das duas velocidades anteriores.

Para a pista de asfalto (Figura 4) verifica-se o melhor ajuste pelo modelo linear, enquanto que a pista de concreto e terra batida apresentou o melhor ajuste para a modelo quadrático. O comportamento das curvas para a pista de concreto e terra batida é contrário em que as velocidades intermediárias (3,8; 4,9 e 6,1 km h⁻¹) apresentaram níveis de ruídos altos para a pista de terra batida e menor para a pista de concreto. Nas velocidades extremas (mínima e máxima testada) observam-se maiores valores de ruído para concreto e menor para terra batida, concordando com Alves et al., (2011). Arcoverde et al., (2011a) verificaram que as menores e maiores velocidades de deslocamento do trator em solo preparado originaram maiores valores de ruído quando analisado separadamente de outros fatores. Considerando os limites de ruídos permitidos para a exposição em 8 horas de trabalho, os valores encontrados excedem o permitido de 85 dB (A), conforme MTE (2010).

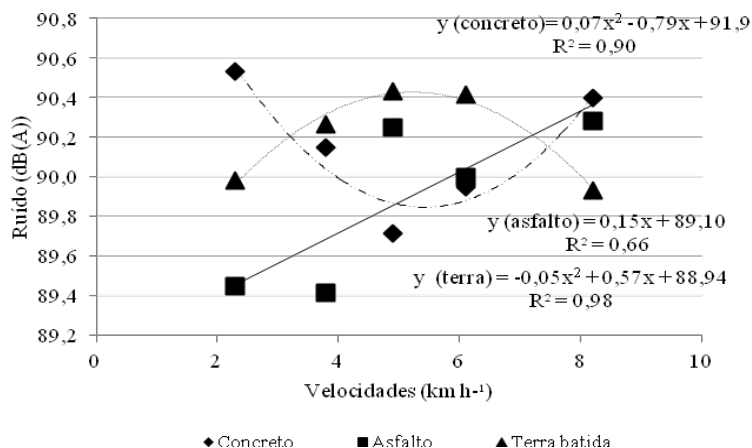


Figura 2 - Níveis de ruído emitido pelo trator para a posição do assento do operador em função da velocidade de deslocamento e da pista (P x V).

Para o desdobramento da interação protetor de vento e velocidades (Tabela 5), verifica-se que quando o decibelímetro utilizou o protetor de vento, não ocorreu diferença significativa entre as velocidades de deslocamento do trator para os níveis de ruído. Mas, quando utilizou o decibelímetro sem o protetor de vento ocorreu diferença significativa entre as velocidades para os valores de ruído, sendo que o menor valor de ruído foi na menor velocidade (2,3 km h⁻¹), no entanto os valores de ruído nas velocidades de 3,8 e 6,1 km h⁻¹ não diferiram da mesma, e também não diferiram das velocidades que apresentaram o maior valor de ruído, 4,9 e 8,1 km h⁻¹.

Tabela 5 - Síntese do desdobramento da interação protetor x velocidade para os valores médios do nível de ruído

Velocidade (km h ⁻¹)	Nível de ruído (dB(A))	
	Com protetor	Sem protetor
2,3	90,2 Aa	89,7 Bb
3,8	89,8 Aa	90,1 ABa
4,9	89,9 Ab	90,3 Aa
6,1	90,1 Aa	90,1 ABa
8,1	90,1 Aa	90,3 Aa

Médias seguidas de mesma letra minúscula na LINHA e maiúscula na COLUNA não diferem entre si pelo teste de TUKEY a 5% de probabilidade.

Analisando cada velocidade (Tabela 5) verifica-se que apenas na velocidade de 2,3 e 4,9 km h⁻¹ ocorreu diferença nos valores de ruído para o decibelímetro trabalhando com e sem protetor. Para a velocidade de 2,3 km h⁻¹ o maior valor de ruído foi com protetor de vento, o que não era de se esperar, pois o protetor inibe a ação das rajadas de vento, no entanto a diferença foi de apenas 0,55%. Para a velocidade de 4,9 km h⁻¹ verifica-se o maior valor de ruído quando não se utilizou o protetor, com a diferença de apenas 0,44%.

Na Figura 5 verifica-se o comportamento dos dados de ruído para o uso de protetor ou não no decibelímetro em cada velocidade testada. Verifica-se que o melhor ajuste para o uso ou não do protetor de vento foi quadrático, e observa-se o baixo valor de R² para a curva dos dados de ruído com protetor. Observa-se que os dados de ruído apresentaram comportamento distinto com ou sem o protetor, sendo que as maiores diferenças foram nas velocidades intermediárias. Os dados de ruído para o decibelímetro com protetor foram menores do que sem protetor para as velocidades intermediárias. Na velocidade mínima observam-se maiores valores de ruído para com protetor. Na velocidade máxima observam-se maiores valores de ruído para sem protetor. Considerando os limites de ruídos permitidos para a exposição em 8 horas de trabalho, os valores encontrados excedem o permitido de 85 dB (A), conforme MTE (2010). Arcoverde et al., (2011b) verificaram para diferentes conjuntos mecanizados que a velocidade de deslocamento afetou o nível de ruído.

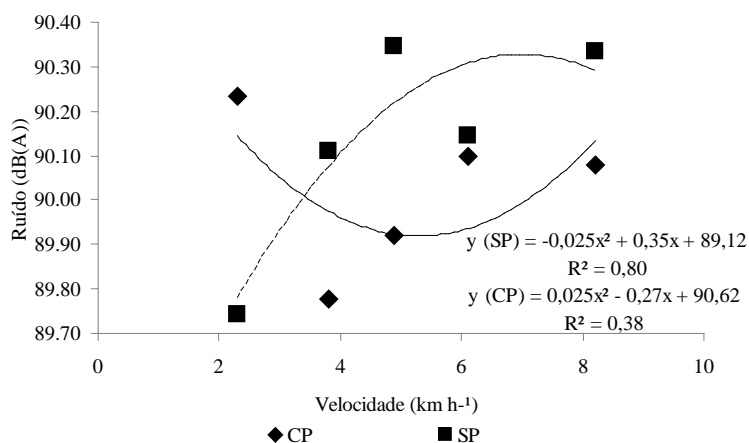


Figura 3 - Níveis de ruído emitido pelo trator em função da velocidade de deslocamento e do uso do protetor de vento do decibelímetro (Pr x V). CP: decibelímetro com protetor e SP: decibelímetro sem protetor

4 CONCLUSÕES

Os níveis de ruídos estão acima dos permitidos pela legislação, devendo ser utilizado protetor em qualquer rotação e condição.

O nível de ruído aumenta à medida que ocorre incremento na rotação do motor do trator.

O nível de ruído diminuiu a medida que se afasta do trator e o uso da geoestatística permitiu identificar a propagação em torno do trator. O uso de equipamentos de proteção individual deve ocorrer quando próximo a no mínimo três metros de distância do trator.

Os níveis de ruído, de maneira geral, foram menores na pista de asfalto e as velocidades de deslocamento interferem no nível de ruído.

O uso ou não do protetor de vento no decibelímetro não afeta os resultados.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF e ao CE-MA/FAUNA - Centro de Conservação e Manejo da Fauna pela disponibilidade do trator utilizado no ensaio.

6 REFERÊNCIAS

ALVES, A.D.S.; COSTA, F.R.L.; CORTEZ, J.W.; DANTAS, A.L.S.; NAGAHAMA, H.J. Níveis de potência sonora emitidos por trator agrícola em condições estáticas e dinâmicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 110-119, 2011.

ARCOVERDE, S.N.S. **Nível de potência sonora emitido nas operações agrícolas**. 2010. 60 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental), Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Juazeiro, BA.

ARCOVERDE, S.N.S.; CORTEZ, J.W.; PITANGA JÚNIOR, C.O.; NAGAHAMA, H.J. Nível de potência sonora emitido nas operações agrícolas. **Nucleus**, Ituverava, v.8, n.1, p.277-287, 2011a.

ARCOVERDE, S.N.S.; CORTEZ, J.W.; PITANGA JÚNIOR, C.O.; NAGAHAMA, H.J. Nível de ruído emitido por conjuntos mecanizados em função da velocidade e da condição do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.3, p.514-520, 2011b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9999: Medição do nível de potência sonora, no posto de operação de tratores e máquinas agrícolas**. Rio de Janeiro, 1987. 21p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM-ISO 5353: Máquinas rodoviárias, tratores e máquinas agrícolas e florestais – ponto de referência do assento**. Rio de Janeiro: 1999. 5p.

COSTA, F.R.L.; CORTEZ, J.W.; ALVES, A.D.S.; SANTANNA, S.R.A.; NAGAHAMA, H.J. Avaliação do nível de potência sonora do trator agrícola em condições dinâmicas. In: V Jornada de Iniciação Científica da UNIVASF, 2010, Juazeiro, BA, **Anais ... Juazeiro: UNIVASF**, 2010. p.1-2. Cd_ROM

CUNHA, J. P. A. R.; TEODORO, R. E. F. Avaliação do nível de potência sonora em derriçadores e pulverizadores motorizados portáteis utilizados em lavouras de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 71-77, 2006.

CUNHA, J.P.A.; DUARTE, R.M.A.; RODRIGUES, V.J.C. Avaliação dos níveis de vibração e ruído emitidos por um trator agrícola em preparo de solo. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 348-355, 2009.

CUTULI, J.A.; CAMPANUCCI, L.; TUSIANI, M.O. **Seguridad y higiene en el trabajo**. Buenos Aires: Instituto Argentino, 1977. 512p.

DEWANGAN, K.N.; PRASANNA KUMAR, G.V.; TEWARI, V.K. Noise characteristics of tractors and health effect on farmers. **Applied Acoustics**, Londres, v.66, n.9, 1062 p, 2005.

FERNANDES, J.C. Tratores – ruídos: barulho ensurdecedor. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 17, p.6-8, 2003.

GONÇALVES, S.S. **Interferência dos fatores ambientais no desempenho do trator agrícola funcionando com 5% de biodiesel**. 2010. 57f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental), Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Juazeiro, BA.

LIDA, I. **Ergonomia, Projeto e Produção**. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 1990.

MIALHE, L.G. **Máquinas Agrícolas: ensaios e certificações**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 722p.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO - MTE. **Atividades e operações insalubres: NR-15**. Disponível em: <http://www.mtb.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf> Acesso em: 28 de set. de 2010.

NEW HOLLAND BRASIL. **New Holland TT – TT3840**. Curitiba: New Holland Brasil, 2008. 4p. Disponível em:
<http://agriculture.newholland.com/br/pt/Products/Tractors/TT/PublishingImages/TT3840_bx.pdf> Acesso em: 08 de jun. de 2011.

SANTANA, S.R.A.; CORTEZ, J.W.; ALVES, A.D.S.; COSTA, F.R.L.; NAGAHAMA, H.J. Avaliação do nível de potência sonora do trator agrícola em condições estáticas. In: V Jornada de Iniciação Científica da UNIVASF, 2010, Juazeiro, BA, **Anais...** Juazeiro: UNIVASF, 2010. p.1-2. Cd_ ROM

SANTOS FILHO, P. F.; FERNANDES, H. C.; QUEIROZ, D. M. DE; SOUZA, A. P. DE, CAMILO, A. J. Avaliação dos níveis de vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automático de dados. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 887-895, 2003.

SILVEIRA, J.C.M.; TIEPPO, R.C.; GABRIEL FILHO, A. Nível de ruído emitido por um conjunto motomecanizado na operação de preparo mínimo do solo. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 01, n. 08, p.60 – 70, 2008.

TOSIN, R.C.; LANÇAS, K.P.; ARAUJO, J.A.B. Avaliação do ruído no posto de trabalho em dois tratores agrícolas. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n.4, p.108-118, 2009.

VITÓRIA, E. L. **Avaliação do nível de ruído emitido por tratores em diferentes operações agrícolas**. 2000. 76p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós-graduação em Mecanização Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.

VIGNA, G.P.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P.; CORTEZ, J.W.; SOUZA, L.A. Nível de ruído e ergonomia no posto do operador de colhedoras. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 36, Bonito, 2007, **Anais...** Bonito: SBEA, 2007. p1-3.

YANAGI JUNIOR, T.; SCHIASSI, L.; ROSSONI, D. F.; PONCIANO, P. F.; LIMA, R. R. DE. Spatial variability of noise level in agricultural machines. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.2, p.217-225, 2012.

ZÓCCHIO, A. **Prática da prevenção de acidentes: ABC da segurança do trabalho**. 2. ed. São Paulo : Atlas, 1971. 173p.