
NOTA TÉCNICA:

NÍVEIS DE POTÊNCIA SONORA EMITIDO POR UM TRATOR AGRÍCOLA DE PNEUS EM FUNÇÃO DA ROTAÇÃO, RAIOS DE AFASTAMENTO, VELOCIDADE E TIPO DE PISTAS

Hideo de Jesus Nagahama¹, Jorge Wilson Cortez², Gilmar Pires Granja³, Marlon da Silva Garrido⁴,
Paulo Gustavo Serafim de Carvalho⁴

RESUMO

A potência sonora das máquinas agrícolas, com o passar do tempo, pode provocar problemas auditivos nos operadores. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o nível de potência sonora emitido por um trator agrícola de pneus em função da rotação do motor, do raio de afastamento (condição estática) e em função das pistas e velocidade de deslocamento (condição dinâmica) comparando o decibelímetro, com e sem a proteção para vento. O trabalho foi realizado na Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Petrolina/PE utilizando trator sem cabine e o medidor do nível de potência sonora. As medições foram: estática - nas posições anterior, posterior, direito e esquerdo do assento do operador, a cada metro até a distância máxima de 12 m, e nas diferentes rotações do motor com o equipamento de medição, utilizando ou não protetor; dinâmica - seis velocidades de deslocamento, em pista de concreto, asfalto e terra batida, utilizando o equipamento de medição com e sem proteção. O nível de potência sonora aumentou com a progressão da rotação e diminuição da distância. A velocidade e o tipo de piso interferem no nível de potência sonora.

Palavras-chave: ruído, ergonomia, mecanização agrícola

ABSTRACT

NOISE LEVELS OF A AGRICULTURAL TRACTOR AS AFFECTED BY ROTATION, THE RADIUS OF REMOVAL, SPEED AND TRACK TYPE

Long Exposure to noise of farm machinery can cause hearing problems in the operator. This study was done to evaluate the noise level emitted by an agricultural tractor in static and dynamic conditions. The work was done at UNIVASF, Petrolina / PE by measuring digital decibel of a tractor without cabin. The static measurements were taken at anterior, posterior, right and left positions of the operator's seat at one meter interval to a distance of 12 m, using different engine's rotation speeds with the measuring equipment fitted or not with a protective gadget. The dynamic measurements were taken at six speeds on a concrete, asphalt and soil track in the same manner. The noise level increased with decreasing distance and increasing rotation. The speed and floor type also interfered with the noise level.

Keywords: noise, ergonomics, agricultural mechanization

Recebido para publicação em 19/03/2012. Aprovado em 01/08/2012.

1- Engenheiro Agrônomo e Mestrando em Engenharia Agrícola, UNIVASF, Juazeiro, BA, Brasil, hideo.nagahama@univasf.edu.br

2- Prof. Dr. Colegiado de Eng. Agrônoma – UNIVASF, Petrolina, PE, Brasil, jorge.cortez@univasf.edu.br

3- Graduanda do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental – UNIVASF, Juazeiro, BA, Brasil, gilmar.granja@hotmail.com

4- Prof. Dr. Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental – UNIVASF, Juazeiro, BA, Brasil, marlon.garrido@univasf.edu.br
paulo.carvalho@univasf.edu.br

INTRODUÇÃO

No Brasil, o processo de modernização da agricultura teve início na década de 60, decorrente do acréscimo da utilização de máquinas e de tratores agrícolas, os quais despojavam como promissora fonte de potência substituindo a tração animal. Nos projetos de tratores agrícolas, desempenho e produtividade foram aspectos priorizados quando comparados ao conforto e a segurança, em detrimento da saúde dos operadores submetendo-os a adaptação das condições da máquina desprezando, dessa forma, os princípios ergonômicos.

O conforto do operador constitui importante diferencial para o incremento da produtividade nas operações agrícolas (SANTOS FILHO, 2004), pois além das condições adversas inerentes na prática agrícola, tais como condições ambientais, os agentes físicos, como a potência sonora, promovem o aumento do estresse e do desconforto nas atividades em campo, podendo gerar um aumento do número de acidentes de trabalho e baixa eficiência operacional ao longo da jornada (CUNHA; TEODORO 2006).

Na determinação dos níveis de potência sonora emitidos por um trator agrícola realizando a operação de gradagem em diferentes velocidades de trabalho, analisando o conforto do operador e comparando os níveis obtidos com os recomendados pelas principais normas vigentes, Santos Filho *et al.* (2004) concluíram que o sistema trator implemento emitiu níveis de potência sonora acima do limite de 85 dB(A) para uma jornada de 8 horas diárias, variando entre 92,87 a 96,76 dB(A).

No Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) existem Normas Regulamentadoras (NR) que reportam à potência sonora no ambiente de trabalho. A NR 15 (MTE, 2010a) refere-se às atividades e operações insalubres, levando também em consideração os limites relativos à exposição à potência sonora, indicando como prejudicial o nível de potência sonora de 85 dB(A) para uma exposição máxima de 8 horas diárias; a NR 17 (MTE, 2010b) refere-se a ergonomia; e a NR 6 (MTE, 2010c) refere-se aos equipamentos de proteção individual (EPI), incluindo os protetores auriculares.

Avaliando o nível de potência sonora emitido

por um trator agrícola sem cabine, em condições estática e dinâmica, Alves *et al.* (2011) observaram que o aumento da rotação do motor do trator promove um incremento linear no nível de potência sonora, sendo que, a partir de 1.000 rpm, há necessidade do uso de proteção auricular. Os autores também concluíram que as velocidades de deslocamento influenciaram o nível de potência sonora.

Souza *et al.* (2004) observou que o aumento da rotação do desintegrador/picador/moedor de milho aumentou o nível de potência sonora emitido, diminuindo o limite de tolerância em que o trabalhador rural poderá ficar exposto.

Dentro desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o nível de potência sonora emitido por um trator agrícola de pneus sem cabine, em condições estáticas (em função da rotação do motor e das posições) e dinâmicas (pistas x velocidade de deslocamento), por meio das medições de decibelímetro com e sem protetor de vento.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no *Campus* de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, em Petrolina – PE. As coordenadas geográficas do local são latitude de 09°19'26" sul, longitude de 40°33'36" oeste e altitude de 393 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região apresenta-se como tropical semiárido, tipo BshW, caracterizado pela escassez e irregularidade das precipitações com chuvas no verão e forte evaporação em consequência das altas temperaturas.

A fonte de potência sonora avaliada foi um trator da marca Valtra, modelo 585, sem tração dianteira auxiliar, com potência máxima de 40,5 kW (55 cv) no motor com 1.053 horas de uso, e rotação de trabalho no motor a 1.900 rpm, que condiciona 540 rpm na tomada de potência.

Os níveis de potência sonora foram determinados por meio de decibelímetro digital da Marca Minipa - modelo MSL-1325 com três faixas de medição (32-80 dB (A); 50-100 dB (A) e 80-130 dB(A)) e protetor de vento atendendo a norma IEC 651 (IEC, 1979), tipo 2 (classes de 0 a 3), que define para uso

de campo. Foi utilizado conforme Ministério do Trabalho e Emprego - MTE (2010a) nos circuitos de resposta lenta (SLOW) e de equalização "A", sendo expressos em dB(A).

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 potência sonora, 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 Ciências Agrárias*. No momento do experimento a velocidade do vento e a temperatura foram de, 22,0 °C e 3,0 m s⁻¹, respectivamente, atendendo as solicitações da norma.

Para realizar as medições, posicionou-se o medidor de nível de potência sonora 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 posicionado manualmente do lado da cabeça do operador que foi submetido ao nível de potência sonora (MIALHE, 1996).

O trator foi avaliado em duas condições distintas, estática e dinâmica. Para avaliação da condição estática realizou-se a mudança da rotação do motor do trator de 800 a 2500 rpm, observado pelo tacômetro, medindo-se o nível de potência sonora para cada intervalo de 100 rpm com o aparelho, utilizando ou não protetor de vento. Assim, as determinações foram realizadas a cada 5 s, sendo que antes do início das medições aguardou-se 1 minuto para que o trator estabilizasse na rotação pretendida.

As leituras quanto às posições - lados direito e esquerdo e partes anterior e posterior do trator foi realizada em cada posição de 1 a 12 metros, a intervalo de 1 m. Em cada ponto, foram realizadas três leituras para cada condição com o motor a 1.900 rpm, condição em que fornece 540 rpm na tomada de potência.

No parâmetro nível de potência sonora em função da rotação do motor e do equipamento de medição com proteção ou não contra vento, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) no esquema fatorial 2 x 18 (proteção x rotações no motor), com 3 repetições.

Para a avaliação do equipamento em função das posições (anterior, posterior, direita e esquerda) e do raio de afastamento (distâncias em relação ao trator de 0 m a 12 m) utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em fatorial 2 x 4 x 13 (proteção x posições x distâncias em relação ao trator), com 3 repetições.

Na condição dinâmica, foram tomadas três medidas do nível de potência sonora no percurso de 30 m, com o trator em movimento nas velocidades médias de deslocamento de 2,1 km h⁻¹ (L1 – primeira reduzida), 3,0 km h⁻¹ (L2 – segunda reduzida), 5,5 km h⁻¹ (L3 – terceira reduzida), 7,0 km h⁻¹ (L4 – quarta reduzida), 8,0 km h⁻¹ (H1 – primeira simples) e 12,0 km h⁻¹ (H2 – segunda simples), (MIALHE 1996) com o motor a 1.900 rpm, com o aparelho com e sem proteção contra vento, em três condições de pista (concreto, asfalto e terra batida).

Durante a medição do nível de potência sonora em função das pistas, dos equipamentos e das velocidades de deslocamento, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em fatorial de três fatores (pistas x proteção x velocidades), sendo três pistas (concreto, asfalto e terra batida), equipamento com e sem proteção contra vento e seis velocidades de deslocamento (2,1; 3,0; 5,5; 7,0; 8,0 e 12,0 km h⁻¹).

O método estatístico utilizado foi a análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 95% de confiabilidade, o que possibilitou o estudo simultâneo dos fatores que influenciam a potência sonora. Realizou-se também o teste de Tukey quando foram significativas no teste de F, a pelo menos 5% de probabilidade, para fatores qualitativos. Realizou-se, ainda, análise de regressão polinomial quando os fatores quantitativos ou interações foram significativos pelo teste de F a pelo menos 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram divididos em três partes: a primeira leva em consideração a rotação do motor e o equipamento de medição da potência sonora utilizando a proteção ou não contra vento, a segunda leva em consideração a posição, o raio de afastamento (distância ao trator) e o equipamento

(com e sem proteção), e a terceira a condição dinâmica.

Para a condição estática – rotação, o nível de potência sonora (Quadro 1) houve influência significativa ($p \leq 0,05$) para o sistema de proteção de vento para o equipamento (P), a rotação do motor (R); enquanto para a interação P x R não houve significância.

O nível de potência sonora registrado no decibelímetro foi maior quando se usou o decibelímetro com o protetor de vento, resultado discrepante, pois a proteção inibe a ação do vento nas oscilações da potência sonora (Quadro 1), e esperava-se um resultado menor. Tendo os maiores valores de potência sonora entre as rotações de 1900 e 2500 rpm, condição esta de maior movimento das partes mecânicas do trator, que também ocasiona

aumento de vibração ajudando na elevação do potência sonora. Santana *et al.* (2010) verificaram também incremento do nível de potência sonora a medida que aumenta a rotação e que apenas a rotação de 700-800 rpm pode-se trabalhar sem protetor auricular.

Em estudos para a rotação em marcha lenta e máxima em trator com 55,2 kW (75 cv) para uma condição estática, Gonçalves (2010) encontrou níveis de potência sonora de 91,56 e 103,31 dB(A), respectivamente. Tanto para os estudos do autor anteriormente citado como os contidos neste trabalho estão acima dos recomendados pela MTE (2010a), 85 dB(A), para uma exposição máxima de 8 horas, a exceção neste trabalho para as rotações de 800 a 1200 rpm (78,13 a 79,81 dB(A), respectivamente, (Figura 1).

Quadro 1. Síntese da análise de variância dos valores médios do nível de potência sonora em função do uso do protetor de vento e da rotação do motor

Fatores	Nível de potência sonora (dB(A))
Proteção	
Com protetor	87,90 a
Sem protetor	87,63 b
Rotação - rpm	
800	78,13 j
900	77,93 j
1000	78,06 j
1100	79,23 ij
1200	79,81 i
1300	85,90 h
1400	86,83 h
1500	88,46 g
1600	89,06 fg
1700	89,16 fg
1800	89,98 f
1900	91,93 e
2000	92,48 de
2100	92,76 de
2200	93,38 cd
2300	94,73 bc
2400	95,58 ab
2500	96,31 a
TESTE DE F	
Proteção (P)	4,42**
Rotação (R)	563,81**
P x R	0,58 ^{ns}
CV	0,76

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na condição estática – posição x distâncias, observa-se que em relação à posição do trator o maior valor de potência sonora foi verificado na parte esquerda do trator e a menor na parte traseira (Quadro 2), sendo que os valores intermediários de potência sonora foram verificados nas posições direita e anterior do trator utilizando-se decibelímetro com e sem protetor de vento. Alves *et al.* (2011) verificaram também menores valores de potência sonora na posição traseira do trator, e maior na frente e direita. Na média geral nenhuma das posições extrapolou o limite de 85 dB(A), conforme a NR-15 (MTE, 2010a).

Pode-se observar que a medida que se afasta do trator ocorre diminuição dos valores de potência sonora 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 da potência sonora foram abaixo de 85 dB(A), conforme MTE (2010a). Na posição zero (0), com o aparelho próximo ao trator, apresentou-se o maior valor de potência sonora, corroborando com estudos de Alves *et al.* (2011) e Magalhães (2011), que verificaram que a medida que se afasta do trator diminuiu-se o nível de potência sonora e que para trabalhar próximo do trator deve-se utilizar protetor auricular, pois até 3 m os níveis de potência sonora estão acima do permitido pela legislação brasileira (85 dB(A)), segundo MTE (2010a), fato demonstrado por Cunha *et al.* (2012) em estudos,

os quais afirmam que o avanço tecnológico não foi suficiente para reduzir o problema de ruído nos tratores não-cabinados.

A interação posição e distância (Quadro 2), com relação aos valores de potência sonora com protetor de vento, foi significativa ($p \leq 0,01$) e o desdobramento está apresentado no Quadro 3 e 4. Verifica-se que os maiores valores de potência sonora foram registrados nas distâncias zero e 1,0 m nas quatro posições (Quadro 3) utilizando o decibelímetro com protetor de vento. Resultados similares aos encontrados por Alves *et al.* (2011). Para a posição direita e esquerda, os maiores valores de potência sonora foi a zero metro. Para a posição direita, esquerda e anterior deve-se utilizar protetor auricular quem trabalha até 3 m de distância; uma vez que o escapamento do trator, fonte importante de potência, está localizado na posição esquerda e anterior; fato verificado em estudo de Lima *et al.* (1998) onde os autores concluíram que a fonte de maior ruído está diretamente ligada à localização do motor e à saída do coletor de gases de exaustão. Estando também de acordo com trabalho de Fernandes (1991), que afirma que as cinco principais fontes de ruído são exaustão dos gases, admissão e filtragem do ar, hélice de ventilação, bomba injetora e a vibração geral do motor. Para a posição posterior deve-se utilizar protetor auricular quem trabalha até 1 m de distância.

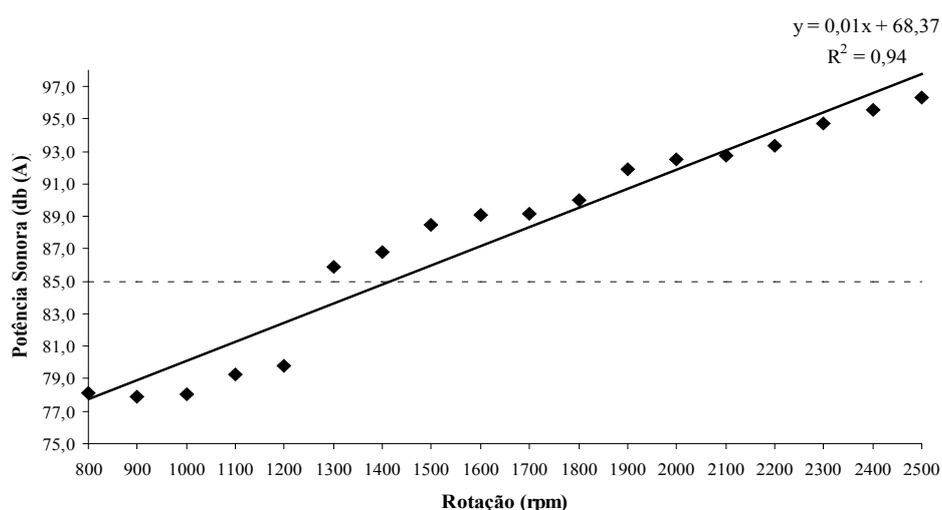


Figura 1. Potência sonora em função da rotação com barras do erro padrão da média. Linha tracejada indica o limite máximo de potência sonora em que se pode trabalhar sem o uso de proteção auricular.

Quadro 2. Síntese da análise de variância dos valores médios do nível de potência sonora em função da posição em relação ao trator e da distância ao trator com decibelímetro

Fatores	Nível de potência sonora (dB(A))	
	Com protetor	Sem protetor
Posição		
Anterior	82,13 b	81,78 b
Posterior	78,00 c	78,12 c
Direita	82,18 b	81,95 b
Esquerda	82,95 a	82,76 a
Distâncias - m		
0,0	95,23 a	94,35 a
1,0	90,61 b	90,16 b
2,0	86,66 c	86,33 c
3,0	84,23 d	83,71 d
4,0	82,45 e	82,27 e
5,0	80,70 f	80,55 f
6,0	79,40 g	79,55 g
7,0	78,19 h	78,34 h
8,0	77,34 i	77,44 i
9,0	76,87 i	76,61 j
10,0	75,82 j	76,00 j
11,0	75,04 l	75,12 l
12,0	74,56 l	74,58 l
TESTE DE F		
Posição (P)	1658,07**	529,22**
Distância (D)	4077,46**	1402,92**
P x D	12,97**	5,82**
CV	0,42	0,69

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

Quadro 3. Síntese do desdobramento da interação posição x distâncias para os valores médios do nível de potência sonora com decibelímetro utilizando protetor de vento

Fatores	Nível de potência sonora (dB(A))			
	Anterior	Posterior	Direita	Esquerda
Distâncias (m)				
0,0	96,56 aA	90,86 bA	96,90 aA	96,60 aA
1,0	90,73 bB	86,16 cB	92,46 aB	93,10 aB
2,0	86,13 bC	82,93 cC	88,50 aC	89,10 aC
3,0	83,76 bD	80,96 cD	86,33 aD	85,86 aD
4,0	83,06 bD	79,96 cE	82,33 bE	83,93 aE
5,0	81,70 abE	77,30 cF	81,36 bF	82,43 aF
6,0	80,30 abF	76,10 cG	80,16 bG	81,03 aG
7,0	79,10 abG	74,90 cH	78,96 bH	79,80 aH
8,0	78,53 aG	74,60 cH	77,53 bI	78,70 aI
9,0	78,66 aG	73,63 cI	76,93 bIJ	78,26 aIJ
10,0	77,20 aH	72,66 cJ	76,10 bJL	77,33 aJL
11,0	76,10 aI	72,13 cJ	75,30 bLM	76,63 aL
12,0	75,90 aI	71,76 cJ	74,96 bM	75,63 abM

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quadro 4. Síntese do desdobramento da interação posição x distâncias para os valores médios do nível de potência sonora com decibelímetro sem protetor de vento

Fatores Distâncias (m)	Nível de potência sonora (dB(A))			
	Anterior	Posterior	Direita	Esquerda
0,0	94,60 bA	90,66 cA	95,46 bA	96,66 aA
1,0	89,63 bB	86,10 cB	92,16 aB	92,76 aB
2,0	85,86 bC	82,46 cC	88,50 aC	88,50 aC
3,0	83,36 bD	80,70 cD	85,13 aD	85,66 aD
4,0	82,30 bDE	80,10 cD	83,16 abE	83,53 aE
5,0	81,56 aE	77,13 bE	81,36 aF	82,13 aEF
6,0	80,76 aE	76,73 bE	80,10 aFG	80,63 aFG
7,0	78,63 aF	76,13 bE	78,80 aGH	79,80 aGH
8,0	78,36 aF	75,60 bE	77,43 aHI	78,36 aHI
9,0	78,30 aF	73,60 cF	76,90 bI	77,66 abI
10,0	77,60 aFG	72,90 cFG	76,30 bIJ	77,23 abIJ
11,0	76,40 aGH	71,96 cG	75,16 bJ	76,96 aIJ
12,0	75,76 aH	71,56 bG	74,93 aJ	76,06 aJ

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Verifica-se que os maiores valores de potência sonora foram observados nas distâncias zero e 1,0 m nas quatro posições (Quadro 4) utilizando o decibelímetro sem protetor de vento. Resultados similares foram encontrados por Alves *et al.* (2011) e Magalhães (2011). Para a posição direita e esquerda os maiores valores de potência sonora foi a zero metro (Quadro 4). Para a posição direita e esquerda deve-se utilizar protetor auricular quem trabalha até 3 m de distância. Para a posição anterior deve-se utilizar protetor auricular quem trabalha até 2 m de distância Para a posição posterior deve-se utilizar protetor auricular quem trabalha até 1 m de distância.

Em estudos, Souza *et al.* (2004a) corroboram com este trabalho por terem observado que o aumento da rotação de desintegrador/picador/moedor de milho aumentou o nível de ruído emitido, diminuindo o limite de tolerância em que o trabalhador rural poderá ficar exposto; Souza *et al.* (2004b) também observaram em estudo com colhedora-trilhadora de feijão que níveis de ruído acima de 75 dB (A), causam desconforto acústico, a comunicação fica prejudicada, ocorre irritação e diminuição da produtividade de trabalho; portanto, sendo necessário a utilização de proteção auricular conforme MTE (2010a).

À medida que aumenta a distância em relação ao

trator diminui-se a potência sonora para ambas as situações, com e sem protetor, resultados similares também foram encontrados por Mion *et al.* (2009) (Figura 2). Fernandes (2005) explica que quando se dobra a distância da fonte, a área de propagação das ondas vibratórias aumenta quatro vezes e, conseqüentemente, a intensidade sonora diminui em quatro vezes.

Em condição dinâmica – pistas x velocidades, observou-se que o nível de potência sonora emitido pelo trator foi maior na pista de concreto e de asfalto, sendo menor na pista de terra batida (Quadro 5).

Arcoverde (2010), em experimento com trator de 55,2 kW (75 cv), trafegando em solo coberto e solo preparado, com grade pesada, verificou comportamento distinto dos níveis de potência sonora em ambas as pistas, sendo que o menor valor de potência sonora (91,3 dB(A)) foi observado na menor velocidade (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 potência sonora 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 (Quadro 5). Corroborando com os estudos de

Arcoverde (2010) e Alves *et al.* (2009), onde estes verificaram que a velocidade de deslocamento afetou os níveis médio de potência sonora e que, de maneira geral, as maiores velocidades de deslocamento proporcionaram os maiores níveis de potência sonora, estando estes níveis de potência sonora acima do permitido pela legislação

brasileira, de 85 dB(A) (MTE, 2010a).

A interação pistas x velocidades foi significativa para as condições com e sem protetor de vento (Quadro 6 e 7). Os maiores níveis de pressão sonora foram registrados na pista de concreto, observando uma diminuição gradual do nível de potência sonora em função do aumento da velocidade;

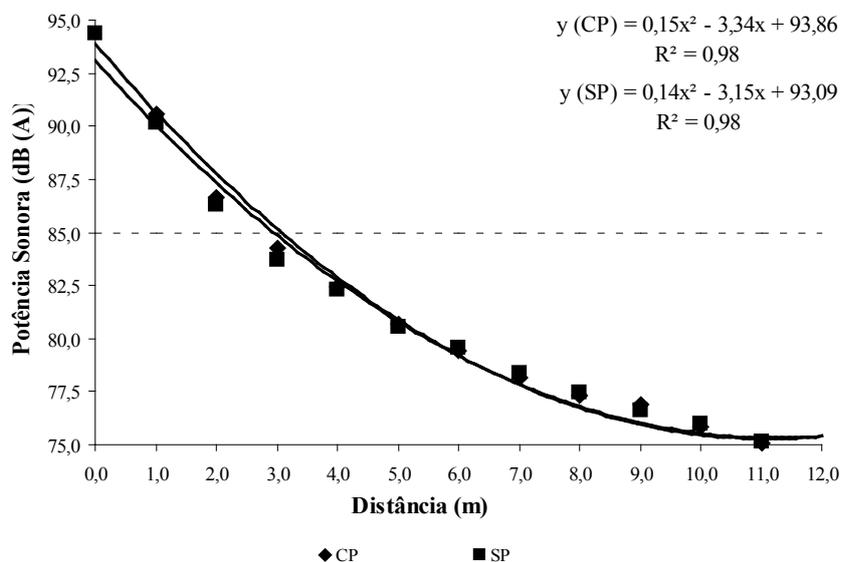


Figura 2. Análise de regressão polinomial, com barras do erro padrão da média, da potência sonora das distâncias em função da rotação do motor. Linha tracejada indica o limite máximo de potência sonora em que se pode trabalhar sem o uso de proteção auricular para avaliação com (CP) e sem protetor de vento (SP).

Quadro 5. Síntese da análise de variância dos valores médios do nível de potência sonora em função do uso das pistas de ensaio, do uso do protetor de vento e velocidade de deslocamento

Fatores	Nível de potência sonora (dB(A)) Com protetor	Nível de potência sonora (dB(A)) Sem protetor
Pistas		
Concreto	92,10 a	91,90 a
Asfalto	91,71 b	91,38 b
Terra batida	91,44 c	91,36 b
Velocidades		
2,1 km h ⁻¹	91,80 b	91,50 bc
3,0 km h ⁻¹	91,46 c	91,45 bc
5,5 km h ⁻¹	91,81 ab	91,68 ab
7,0 km h ⁻¹	91,67 bc	91,30 c
8,0 km h ⁻¹	91,67 bc	91,47 bc
12,0 km h ⁻¹	92,08 a	91,87 a
TESTE DE F		
Pista (P)	48,87**	29,67**
Velocidades (V)	9,35**	6,43**
P x V	16,98**	18,38**
CV	0,22	0,26

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 (%).

comportamento diferenciado para as outras duas pistas (asfalto e terra batida). Os menores valores médios de níveis de potência sonora foram observados nas pistas de concreto, asfalto e terra batida para as velocidades de deslocamento de 8,0 km h⁻¹ e 7,0 km h⁻¹, utilizando-se o protetor de vento e 8,0; 7,0 e 3,0 km h⁻¹, quando sem a utilização do protetor de vento. Para a pista de terra batida observam-se inicialmente valores médios de potência sonora inferiores aos encontrados para as outras duas pistas (concreto e asfalto) e na velocidade de 12,0 km h⁻¹ apresentou o maior valor médio de potência sonora quando comparado com as outras pistas (concreto e asfalto), para a condição sem protetor de vento. Este resultado corrobora com os de Vitoria (2000) e Magalhães (2011), onde estes autores, em diferentes estudos, afirmam que as maiores velocidades produzem maiores ruídos. Silva (2006) lembra que é em condições dinâmicas que o operador fica exposto o maior tempo laboral e que apresentou os índices de ruído elevados.

Diferentemente do estudo realizado por Tosin *et al.* (2009) que avaliaram o ruído no posto de operador de trator agrícola, uma vez que os autores

concluíram que o nível de potência sonora gerada pelo trator não foi influenciada pelo tipo de pista, pressão de inflação dos pneus agrícolas e velocidade média, sendo apenas influenciada pela potência do motor e do fato do trator ser cabinado ou não.

Na Figura 3 verifica-se o comportamento dos dados de potência sonora para cada pista de ensaio em cada velocidade testada, em função do uso do protetor de vento. Para a pista em concreto e terra batida verifica-se o melhor ajuste pelo modelo linear, por este descrever o comportamento dos valores médio de potência sonora nestas pistas em função do incremento de velocidade de deslocamento, mesmo tendo o coeficiente de determinação (R²) de valor baixo; enquanto que a pista de asfalto apresentou o melhor ajuste para o modelo quadrático. O comportamento da curva para a pista de asfalto e a reta para a pista de terra batida nas velocidades finais (8,0 e 12,0 km h⁻¹) é contrário ao comportamento da pista de concreto. Nas velocidades extremas (mínima e máxima testada) observam-se maiores valores de potência sonora para concreto e menor para terra batida, concordando com Alves *et al.* (2011). Considerando

Quadro 6. Síntese do desdobramento da interação pistas x velocidade para os valores médios do nível de potência sonora com protetor de vento

Fatores Velocidades (km.h ⁻¹)	Nível de potência sonora - Pistas (dB(A))		
	Concreto	Asfalto	Terra batida
2,1	92,63 aA	92,03 bAB	90,73 cD
3,0	92,23 aAB	91,30 bC	90,86 cD
5,5	92,43 aAB	91,60 bBC	91,76 aABC
7,0	91,73 aC	91,76 aABC	91,53 aBC
8,0	91,63 abC	91,46 bC	91,93 aAB
12,0	91,96 aBC	92,10 aA	92,20 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.

Quadro 7. Síntese do desdobramento da interação pistas x velocidade para os valores médios do nível de potência sonora sem protetor de vento

Fatores Velocidades (km.h ⁻¹)	Nível de potência sonora - Pistas (dB(A))		
	Concreto	Asfalto	Terra batida
2,1	92,20 aAB	91,66 bA	90,63 cC
3,0	92,30 aA	91,50 bAB	90,56 cC
5,5	92,40 aA	91,36 bAB	91,30 bB
7,0	91,63 aBC	90,96 bB	91,30 abB
8,0	91,33 aC	91,33 aAB	91,76 aB
12,0	91,56 bC	91,46 bAB	92,60 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.

os limites de potência sonora permitidos para a exposição em 8 horas de trabalho, os valores encontrados excedem o permitido de 85 db(A), conforme MTE (2010a).

Verifica-se que o comportamento dos dados de potência sonora para a não utilização do protetor de vento em cada velocidade testada e pista de ensaio (Figura 4), sendo que o melhor ajuste para a pista de concreto foi o modelo cúbico e para a pista de terra batida foi o modelo linear; enquanto que para a pista de asfalto foi o modelo quadrático, mesmo exibindo um R² de baixo

valor, quando comparado com os das outras duas pistas. Os dados de potência sonora sem protetor de vento apresentaram comportamento semelhante aos com protetor, tanto para as velocidades quanto para as pistas. Considerando os limites de ruídos permitidos para a condição de 8 horas de trabalho, os valores encontrados estão acima do permitido de 85 db(A), conforme MTE (2010a). Arcoverde *et al.* (2011) verificaram que a velocidade de deslocamento com diferentes conjuntos mecanizados afetou o nível de potência sonora.

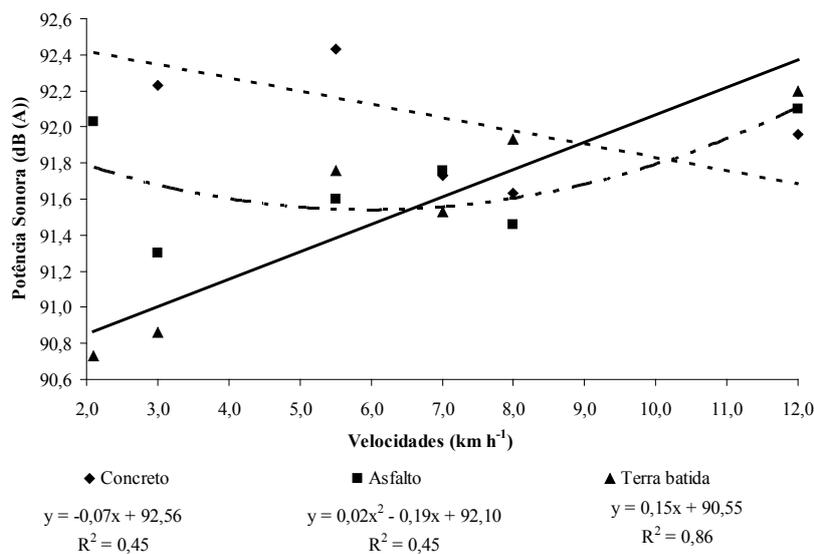


Figura 3. Níveis de potência sonora emitido pelo trator em função da velocidade de deslocamento e da pista com o uso de protetor de vento (P x V).

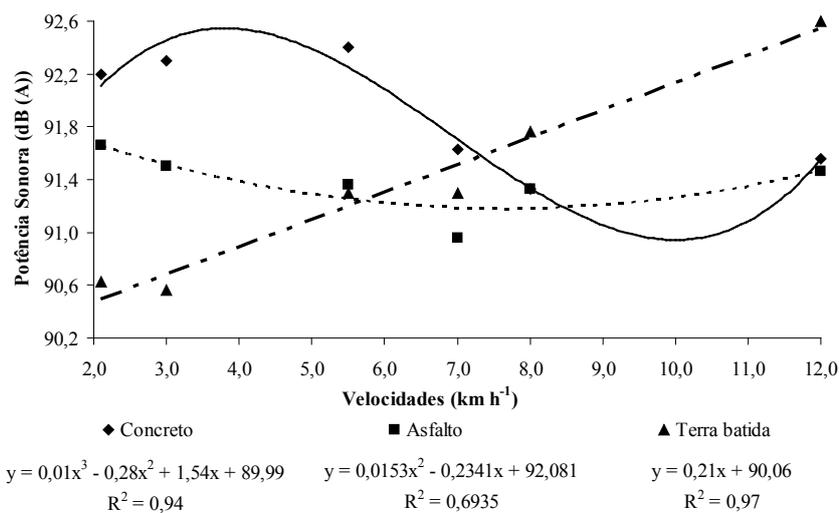


Figura 4. Níveis de potência sonora emitido pelo trator em função da velocidade de deslocamento e da pista sem o uso de protetor de vento (P x V).

CONCLUSÕES

- Os níveis de potência sonora estão acima dos permitidos pela legislação, quando do aumento da rotação do motor e com tráfego em diferentes pistas, devendo ser utilizado EPI. Na condição estática, após três metros de distância do trator pode-se trabalhar sem o uso de EPI;
- O nível de potência sonora aumenta à medida que ocorre incremento na rotação do motor do trator;
- O lado esquerdo do trator apresenta o maior valor de potência sonora devido à presença do escapamento. A parte posterior do trator foi a que apresentou o menor valor do nível de potência sonora, e que a partir de três metros é possível trabalhar sem protetor auricular em qualquer posição;
- Os níveis de potência sonora foram menores na pista de terra batida;
- O aumento das velocidades de deslocamento interfere no nível de potência sonora; e
- O uso ou não do protetor de vento no decibelímetro não afeta de maneira significativa os resultados, uma vez que as diferenças são pequenas e algumas confusas, justificando a necessidade de novos trabalhos que envolvam o uso de protetor de vento em decibelímetro.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, especialmente ao CRAD - Centro de Referência para a Recuperação de Áreas Degradadas pela disponibilidade do trator agrícola.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. D. S.; COSTA, F. R. L.; CORTEZ, J. W.; DANTAS, A.C.; 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.

ALVES, A. D. S. **Nível de potência sonora emitido por trator agrícola**. 2009. 53p. Monografia

(Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2009.

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

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

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

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

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: SUDENE, 1973. 354 p.

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. R.; VIANA DUARTE, M. A.; DE SOUZA, C. M. A. Vibração e ruído emitidos por dois tratores agrícolas. *Idesia*, Arica, v. 30, n. 1, p. 25-34, 2012.

FERNANDES, J. C. **Avaliação dos níveis de ruído em tratores agrícolas e seus efeitos sobre o operador**. 1991. 192f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

FERNANDES, J. C. **Princípios do Som, Apostila Acústica e Ruídos**, Cap. 3, p. 27, 2005. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/jcandido/acustica/>

apostila.htm. Acesso em: 12 jul. 2012.

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, Juazeiro, 2010.

International Electrotechnical Commission. **Sound Level Meters**. 1st ed., Geneva: IEC, 1979.

LIMA, J. S. S.; FERNANDES, H. C.; VITÓRIA, E. L. Determinação do nível de ruído e identificação da fonte em tratores florestais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 2, p. 55-61, 1998.

MAGALHÃES, A. T. **Nível de ruído emitido por trator agrícola novo**. 2011. 45p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, *Campus Juazeiro-BA*.

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

MINIPA INDÚSTRIA E COMERCIO LTDA. **Manual de instruções: decibelímetro digital (MSL-1325)**. São Paulo: MINIPA, 2002. 14p.

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

MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. **Ergonomia – NR-17**. Disponível em: <http://www.mtb.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_17.pdf> Acesso em 28 de setembro de 2010b.

MINISTÉRIODOTRABALHOEDOEMPREGO. **Equipamento de proteção individual – EPI – NR-6**. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_06.pdf>. Acesso em 28 de setembro de 2010c.

MION, R. L.; VILIOTTI, C. A.; DANTAS, M.

J. F.; NASCIMENTO, E. M. S. Avaliação dos níveis de ruído de um conjunto mecanizado trator e semeadora-adubadora pneumática. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 87-92, 2009.

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. **Anais ... Juazeiro: UNIVASF, 2010. p.1-2. CD ROM**.

SANTOS FILHO, P. F.; FERNANDES, H.C.; QUEIROZ, D.M.; SOUZA, A.P. de; 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**, Viçosa, v.28, n.3, p. 381-386, 2004.

SILVA, U. D. K. **Avaliação da exposição de níveis de ruído dos operadores de máquinas e implementos agrícolas**. 2006. 116f. Monografia (Especialização em Segurança do Trabalho) - Universidade Comunitária Regional de Chapecó, Centro de Tecnológico, Chapecó.

SOUZA, L. H.; DIAS, G. P.; SOUZA, L. C.; DIAS, I. G. Avaliação do nível de ruído emitido por um desintegrador/picador/moedor (DPM-1) no processamento de milho. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.12, n.2, p.118-123, 2004a.

SOUZA, L. H.; VIEIRA, L. B.; FERNANDES, H. C.; LIMA, J. S. S. Níveis de ruído emitidos por uma colhedora-trilhadora de feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 745-749, 2004b.

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

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