



## **PATINAGEM, OPACIDADE E RUÍDO DE TRÊS TRATORES AGRÍCOLAS DE PNEUS**

**Victor Fonseca De Araújo<sup>1</sup>, Alan Da Cunha Honorato<sup>2</sup>, Jorge Wilson Cortez<sup>3</sup>, Antônio Pereira Patrocínio Filho<sup>4</sup> & Hideo De Jesus Nagahama<sup>5</sup>**

**RESUMO:** A modernização da agricultura por meio da utilização de máquinas agrícolas tornou-se essencial para algumas atividades agrícolas; entretanto, trouxe consigo desvantagens relacionadas com o desempenho das máquinas e a ergonomia dos seus operadores. Objetivou-se com o trabalho avaliar a patinagem dos rodados, a opacidade da fumaça e os níveis de ruído emitidos por três tratores agrícolas sem lastragem líquida. O trabalho foi conduzido no Campus de Ciências Agrárias - UNIVASF num delineamento inteiramente casualizado avaliando os parâmetros: patinagem em fatorial de dois fatores (trator e método de avaliação da patinagem) com três repetições, opacidade da fumaça em três tratores com sete repetições, e ruído em fatorial de três fatores (trator, posição de leitura e rotação do motor) com três repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Diferentes métodos de avaliação da patinagem apresentaram valores distintos para a variável. A opacidade da fumaça não depende do tempo de uso do trator e da potência do motor, mas da manutenção do sistema de alimentação. Os tratores de menor potência apresentaram maiores valores de ruído. Na rotação de trabalho todos os tratores apresentaram níveis de ruído acima do permitido pela legislação brasileira para exposição sem proteção auricular.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ergonomia, máquinas agrícolas, mecanização agrícola.

## **WHEEL SLIPPAGE, SMOKE OPACITY AND NOISE LEVEL OF THREE FARM TRACTORS OF TIRES**

**ABSTRACT:** The modernization of agriculture through the use of agricultural machinery has become essential for agricultural activities. The objective of this research was to evaluate the wheel slippage, smoke opacity, and the noise levels emitted by three tractors (4x2 with 40.5 kW of engine power and 2780 h; 4x2 TDA with 55.2 kW of engine power and 5638 h; and 4x2 TDA with 4.0 kW of engine power and 367,8 h) without liquid ballast. The field trials were conducted at the Campus Agricultural Sciences - UNIVASF in a completely randomized design. The parameters evaluated were: wheel slippage in combination of two-factor (3 tractors and 2 evaluation method of sliding) with three replications, smoke opacity in three tractors with seven replicates, and noise level in combination of three factors (3 tractors, 2 reading position, and 3 engine speed) with three replications. Data were analyzed by variance analysis and Tukey test at 5% probability. The wheel slippage was significantly different according to evaluation methods, being higher using the method of the number of laps tire. The tractor with 40.5 kW of engine power showed higher smoke opacity. This result does not depend on the time of tractor and engine power use, but on the maintenance of the power system. Tractors with lower power showed higher noise level. Job rotation in all tractors showed noise levels higher than those permitted by Brazilian legislation for exposure without hearing protection.

**KEYWORDS:** Agricultural machines, agricultural mechanization, ergonomics.

<sup>1</sup> Graduando do curso de Engenharia Agrônômica da UNIVASF. victorfonsecaaraujo@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduando do curso de Engenharia Agrônômica da UNIVASF. alan\_honorato18@hotmail.com

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, UFGD - Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados-Itahum, km 12, 79804-970. Dourados - MS. jorgecortez@ufgd.edu.br Bolsista de Produtividade do CNPq.

<sup>4</sup> Graduando do curso de Engenharia Agrônômica da UNIVASF. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. ap.patrocínio@hotmail.com

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo da UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Mestre em Engenharia Agrícola. Av. Antonio Carlos Magalhães, 510, Santo Antônio, CEP: 48902-300, Juazeiro – BA. hideo.nagahama@univasf.edu.br

## 1 INTRODUÇÃO

A mecanização agrícola, impulsionada pela Revolução Verde na década de 1950, tornou-se viável e eficaz em diversas práticas no campo, sendo o trator a principal máquina autopropelida utilizada para o desenvolvimento dessas atividades. Características que assegurem o bom desempenho e o bem estar do operador tem sido cada vez mais aperfeiçoadas pelas montadoras e exigidas pelos produtores e leis federais. A patinagem, opacidade e o ruído são alguns desses parâmetros que devem ser analisados.

O trator por ser uma máquina autopropelida tem a capacidade de tracionar e fornecer potência suficiente para desempenhar a maioria das operações necessárias na agricultura e sua eficiência depende, em parte, do tipo de dispositivo de tração. Nos casos em que os dispositivos de tração são pneumáticos, o tamanho, a pressão de inflação, a carga aplicada sobre o eixo motriz, a transferência de peso, entre outros, interferem na capacidade de tração do trator (ZOZ; GRISSO, 2003).

A patinagem dos rodados em tratores agrícolas ocorre devido a diversos fatores, entre eles o esforço de tração necessário para deslocar determinado equipamento e o tipo de superfície que está em contato com a banda de rodagem dos pneus motrizes (HERZOG et al. 2002). Os mesmos autores observaram que a patinagem das rodas motrizes do trator foi 56 % maior na profundidade de 0,12 m em relação à profundidade de 6 cm de deposição do adubo na operação de semeadura, indicando que a profundidade interfere na patinagem dos rodados.

Na avaliação do desempenho operacional de um trator agrícola em área com diferentes tipos de cobertura vegetal, Gabriel Filho et al. (2004) concluíram que a maior quantidade de matéria seca na superfície do solo tende a aumentar os índices de patinagem e, assim, diminuir a eficiência de tração.

A opacidade reflete o nível de material particulado emitido pelos motores de ciclo diesel. Diversos autores demonstram que o uso do biodiesel é um dos fatores que diminui a emissão de material particulado (CÂMARA, 2009; TABELLE et al., 2009; LIMA et al., 2012), outros fatores como o horário de execução do ensaio também pode afetar os valores de opacidade (LOPES et al., 2009; LIOTTI et al., 2010; GONÇALVES et al., 2013). De maneira geral, os estudos sobre opacidade não são conclusivos, e necessita-se de mais pesquisas sobre o assunto em tratores agrícolas.

Outro parâmetro que deve ser mensurado e avaliado para se garantir melhorias para o ambiente e principalmente para o operador, é o ruído. De acordo com Menezes e Paulino (2004), os ruídos podem apresentar os seguintes efeitos auditivos: trauma acústico, que é causado por sons de baixa duração, que pode resultar em perda auditiva imediata, severa e permanente; perda auditiva temporária, advinda de exposições moderadas, que causa uma perda auditiva temporária, mas recuperável; e perda

auditiva permanente, perda auditiva conhecida por "PAIR - perda auditiva induzida por ruído"; quando de origem ocupacional, "PAIRO - perda auditiva induzida por ruído ocupacional".

O ruído é um dos principais riscos dos quais um operador de máquinas está sujeito. Desde a década de 1930, sabe-se que os tratores são emissores de altos níveis de ruído. Conforme a NBR 10.152 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987), as maiorias dos tratores apresentam níveis de ruído acima dos limites estabelecidos que varia entre 87,17 e 102,17 dB(A), ou seja, acima dos 85 dB(A) para 8 horas diárias de trabalho estabelecidos pela NR-15 (BRASIL, 2012a).

Neste contexto, objetivou-se avaliar a opacidade, patinagem e ruído em função de pneus de três tratores agrícolas. Para a patinagem estabeleceu-se a comparação com dois métodos de avaliação. Para o ruído a comparação foi entre a posição do operador e escapamento, a rotação máxima e mínima de trabalho.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) - Campus das Ciências Agrárias em Petrolina - PE, que se localiza a latitude de 09°23' Sul, longitude de 40°30' Oeste, e altitude de 376 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.

Para obtenção dos dados de patinagem, opacidade da fumaça e ruído foram utilizados os tratores sem lastragem líquida: T1 - trator 4X2 com 40,5 kW (55 cv) de potência no motor, fabricado no ano de 2009, tendo no instante do ensaio 2780 horas com rodados parcialmente desgastados; T2 - trator 4x2 - TDA (tração dianteira auxiliar) com 55,2 kW (75 cv) no motor, fabricado em 2004, contendo 5.638 horas de uso no momento dos ensaios, com rodados novos; e T3 - trator 4x2 TDA, com 41 kW (55 cv) de potência no motor, fabricado no ano de 2010, tendo no momento do experimento 367,8 horas de utilização e apresentando rodados novos. Os ensaios ocorreram antes da manutenção periódica dos tratores.

### Patinagem

No ensaio de patinagem os tratores trabalharam a uma rotação no motor de 2.000 rpm (rotações por minuto) e tracionaram uma grade leve em tandem com sete discos em cada uma das quatro seções, discos recortados na dianteira e lisos na traseira, diâmetro dos discos de 0,51 m; profundidade de trabalho de 0,10 m; largura efetiva de 2,62 m e massa de 528 kg. Segundo Amaral et al. (2006), utilizando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA BRASILEIRA DE

PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006), o solo da área experimental foi classificado como Argissolo Amarelo distrófico típico, com textura arenosa/média. (Tabela 1). O solo estava parcialmente descoberto, contendo vestígios da vegetação nativa e com condição friável para mobilização.

**Tabela 1** - Composição granulométrica do Argissolo Amarelo da área experimental.

Camadas	Granulometria		
	Argila	Areia	Silte
----- m -----	----- kg kg <sup>-1</sup> -----		
0,00-0,10	0,090	0,878	0,032
0,10-0,20	0,100	0,883	0,017
0,20-0,30	0,080	0,852	0,068
0,30-0,40	0,140	0,807	0,053
0,40-0,50	0,180	0,742	0,078

Fonte: Adaptado de Cortez et al. (2011)

O delineamento experimental utilizado para análise dos dados de patinagem foi o fatorial de dois fatores em DIC - Delineamento Inteiramente Casualizado, com três repetições. Sendo os fatores os três tratores agrícolas e dois métodos de ensaio.

Os dados de patinagem para o primeiro método baseou-se na distância percorrida pelo trator, sendo os dados coletados por meio de contagem de 10 (dez) voltas do pneu traseiro do trator que continha marcação para as duas contagens (situações): 1ª contagem de voltas foi realizada com o equipamento erguido e acoplado ao trator demarcando-se a 1ª distância percorrida (d0) e 2ª contagem de voltas realizou-se com o equipamento em operação de mobilização do solo demarcando-se a 2ª distância percorrida (d1) aplicando posteriormente na Equação 1 (LOUZADA et al., 2007).

$$P(\%) = \frac{d0 - d1}{d0} \times 100 \quad (1)$$

Em que: P(%) = porcentagem de patinagem; d0 = distância percorrida pelas rodas sem carregamento; e d1 = distância percorrida com carregamento.

Para o segundo método utilizou-se o número de voltas do rodado traseiro com o equipamento no solo, os dados foram coletados por meio de percurso da distância (d1) do método anterior pelo trator, sendo contada a quantidade de voltas realizadas pela roda motriz do trator, e o valor de patinagem foi obtido pela Equação 2 (LOUZADA et al., 2007).

$$P(\%) = \frac{n - 10}{10} \times 100 \quad (2)$$

Em que: P(%) = porcentagem de patinagem; n = número de voltas da roda motriz com equipamento no solo.

## Opacidade

O ensaio de material particulado ou opacidade é chamado de “Ensaio de Aceleração Livre” conforme a Norma Brasileira NBR 13037/2001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001). Para determinação da opacidade da fumaça utilizou-se o opacímetro de fluxo parcial da marca Tecnomotor - modelo TM 133 (TECNOMOTOR, 2007a), sendo as medições realizadas em K – coeficiente de absorção de luz e têm como unidade (m<sup>-1</sup>). Para a aferição da temperatura do óleo do motor no momento do ensaio foi utilizado termopar com cabo ligado ao controlador serial da marca Tecnomotor – modelo TM616 (TECNOMOTOR, 2010), que estava ligado ao computador portátil com o software de inspeção veicular da Tecnomotor, denominado de IGOR® (TECNOMOTOR, 2007b).

A rotação do motor durante a condução dos testes foi mensurada com o auxílio de uma pinça indutiva ligada em uma extremidade ao controlador serial e a outra extremidade ao tacômetro. O tacômetro universal utilizado foi da marca Tecnomotor – modelo TM529 (TECNOMOTOR, 2007c) que é um equipamento usado em qualquer tipo de motor ciclo Otto ou ciclo Diesel, para fazer leituras de rotação (300 a 9.990 rpm).

Foram analisados os níveis de opacidade no ponto de rotação máxima de cada trator, sendo: T1 - 2.600 rpm; T2 - 3.000 rpm; e T3 – 2.900 rpm). Também foram coletadas as informações da pressão atmosférica (98 KPa) e temperatura do ar (30° C), com o auxílio do controlador serial.

Utilizou-se o DIC para análise dos dados de opacidade da fumaça dos três tratores com sete repetições.

## Ruído

O ruído médio foi analisado por meio do Delineamento Inteiramente Casualizado - DIC com fatorial de três fatores e três repetições. Os fatores foram: três tratores agrícolas de pneus, as posições de coleta do ruído e a rotação de trabalho. As posições de coleta dos valores de ruído foram próximo ao ouvido do operador e próximo ao escapamento. As rotações avaliadas foram em marcha lenta, de trabalho e máxima.

Para realizar as medições do nível de ruído próximo ao ouvido do operador, colocou-se o medidor 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 Brasileira NBR 5353 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999). Ou seja, o microfone foi instalado do lado da cabeça do operador que foi submetido ao nível de ruído (MIALHE, 1996). A coleta de dados do ruído próximo ao escapamento do motor foi adaptado da Norma Brasileira NBR-9714 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000).

Tomou-se as medidas de ruídos em dB(A), com circuito de resposta lenta. Os níveis de ruído encontrados foram comparados com os limites fixados pela Norma Brasileira NBR 10152 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987) e pela norma regulamentadora NR 15 (BRASIL, 2012a). Segundo a NR 17 – Ergonomia (BRASIL, 2012b), o nível de ruído aceitável para efeito de conforto poderá ser classificado até 65 dB (A) e a curva de avaliação de ruído (NC) de valor não superior a 60 dB.

### Análise Estatística

Os dados de patinagem, opacidade e ruído foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey, a 5% de probabilidade, com o programa Assistat 7.6 (SILVA; AZEVEDO, 2002).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Patinagem da roda motriz

Os dados de patinagem dos tratores estudados não foram significativos (Tabela 2), entretanto observa-se que os métodos de avaliação apresentam diferenças estatísticas. O mesmo foi observado por Louzada et al. (2007) quando foram comparados os três métodos de avaliação de patinagem de tratores agrícolas em Planossolo com cobertura vegetal nativa rasteira na região de Pelotas-RS.

Como não foi significativa à patinagem para os tratores (Tabela 2), isto provavelmente tenha sido em decorrência dos valores do coeficiente de variação para tratores que foi de 49,67%. No entanto, Monteiro et al. (2009) encontraram maiores valores de patinagem na ausência de lastragem líquida para condição de pista com cobertura vegetal.

Os valores de patinagem encontrados estão acima do recomendado pela NORMA ASAE S 209.5 (American Society of Agricultural Engineers, 1989) que estabelece patinagem de 8 a 10% para solos não mobilizados. Diferentemente de Vale et al. (2010) que encontraram valores de patinagem abaixo da faixa sugerida (3,43 e 3,70%) para velocidades de deslocamento; entretanto pode-se verificar que estes valores mostram que o trator está com um peso maior do que o necessário para a operação de semeadura, o que pode causar maior compactação do solo, maior resistência ao deslocamento do trator e maior consumo de combustível.

**Tabela 2** - Patinagem da roda motriz em função do trator e do método de avaliação.

Fatores	Patinagem
<b>Trator</b>	<b>(%)</b>
T1 (40,5 kW - 4x2)	12,09 a
T2 (55,2 kW - 4x2 TDA)	13,17 a
T3 (41,0 kW - 4x2 TDA)	18,06 a
<b>Método</b>	
1 - Distância percorrida pelo	11,57 b
2 - Número de voltas do	17,32 a
<b>Teste de F</b>	
Trator (T)	1,18 <sup>ns</sup>
Método (M)	7,25 <sup>**</sup>
Interação T x M	2,24 <sup>ns</sup>
Coeficiente de variação (T) -	49,67
Coeficiente de variação (M) -	31,39

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste da Tukey a 5%. ns = não significativo ( $p > 0,05$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e \*\* = significativo ( $p \leq 0,01$ ).

### Opacidade da fumaça

A opacidade da fumaça dos tratores avaliados mostrou-se significativa ( $P \leq 0,01$ ) (Tabela 3).

**Tabela 3** - Opacidade da fumaça dos tratores agrícolas.

Fator	Opacidade	Tempo de trabalho
<b>Trator</b>	<b>(m<sup>-1</sup>)</b>	<b>(horas)</b>
T1 (40,5 kW - 4x2)	3,10 a	2.780
T2 (55,2 kW - 4x2 TDA)	1,63 b	5.638
T3 (41,0 kW - 4x2 TDA)	1,11 b	367,8
<b>Teste de F</b>		
Trator (T)	27,22 <sup>**</sup>	--
Coeficiente de variação (T) - %	26,86	--

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste da Tukey a 5%. ns = não significativo ( $p > 0,05$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e \*\* = significativo ( $p \leq 0,01$ ).

Pode-se observar que a opacidade da fumaça conforme Conselho Nacional do Meio Ambiente na resolução nº 251 (CONAMA, 1999), para os tratores avaliados, indica que o trator T1 foi o único que extrapolou os limites máximos de opacidade (2,5 m<sup>-1</sup>) no teste de aceleração livre (Tabela 3). Esse resultado não está associado ao número de horas trabalhadas pelo trator, uma vez que o trator T2 possui o maior número de horas trabalhadas. Também não pode ser explicada pela menor potência, uma vez que o T3 tem potência similar ao T1.

Provavelmente, o maior valor de opacidade da fumaça para o trator T1 seja em decorrência da necessidade de manutenção do sistema de alimentação (bomba injetora e bicos injetores). Segundo Silva et al. (2011) quando trabalharam com três motores abastecidos com biocombustível, o aumento de opacidade da fumaça está associado a regulagens do sistema de alimentação do motor.

### Ruído médio

A análise do ruído médio para os tratores estudados (Tabela 4) indica que o menor valor foi para o T2 em relação os demais tratores, todavia, os valores apresentados estão acima da norma regulamentadora NR 15, que recomenda o limite de 85 dB (A) para uma exposição de 08 horas diária de trabalho sem proteção (BRASIL, 2012a).

**Tabela 4** - Ruído médio em função do trator, da posição de leitura (posto operador e escapamento) e rotação do motor (mínima, máxima e de trabalho).

Fatores	Ruído médio
<b>Trator</b>	<b>(dB(A))</b>
T1 (40,5 kW - 4x2)	97,94 a
T2 (55,2 kW - 4x2 TDA)	91,88 b
T3 (41,0 kW - 4x2 TDA)	98,60 a
<b>Posição de leitura</b>	
Próximo ao escapamento	95,87 a
No posto do operador	96,41 a
<b>Rotação do motor</b>	
Mínima	83,72 c
Trabalho	99,74 b
Máxima	104,97 a
<b>Teste de F</b>	
Trator (T)	197,04 **
Posição de leitura (P)	2,86 <sup>ns</sup>
Rotação do motor (R)	1.916,50 **
Interação T x P	1.024,79 **
Interação T x R	12,14 **
Interação P x R	26,30 **
Interação T x P x R	80,90 **
Coeficiente de variação (T) - %	1,16
Coeficiente de variação (P) - %	1,20
Coeficiente de variação (R) - %	1,12

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ns = não significativo ( $p > 0,05$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e \*\* = significativo ( $p \leq 0,01$ ).

A posição de leitura (próximo ao escapamento e no posto do operador), Tabela 4, apresenta valores de ruído médios que não diferem entre si; entretanto situação contrária foi verificada por Gonçalves (2010) ao avaliar

o ruído próximo ao escapamento e no posto do operador, em marcha lenta e máxima, em função das condições ambientais, o autor encontrou valor de ruído no escapamento maior que no posto do operador. Cunha et al. (2009) lembram que fontes de potência sonora (ruído) em máquinas agrícolas tem origem no escapamento causando grande intensidade com 45 a 60% do ruído total.

Para a rotação do motor (mínima, máxima e de trabalho), Tabela 4, pode-se verificar que a rotação mínima apresenta valor de ruído médio inferior ao limite de 85 dB (A) enquanto que a rotação do motor máxima e de trabalho apresentam valores que permitem uma exposição máxima permissível sem protetor de 01 hora (BRASIL, 2012a). O maior valor de ruído médio na rotação máxima do motor era esperado, pois conforme Cunha et al. (2009) com o aumento da rotação do motor do trator ocorre incremento dos níveis de ruído. A rotação de trabalho apresenta-se conforme afirmação de Fernandes (2003), para os tratores nacionais e sem cabines acústicas, emitem níveis de ruído acima dos limites toleráveis (média de 97 dB(A)), o que torna insalubre a sua operação.

O ruído médio (Tabela 5) para a interação trator e posição de leitura indica que os tratores T1 e T2 apresentam comportamento semelhante comparando o ruído próximo ao escapamento e no posto do operador, sendo maior no primeiro. Para a posição de leitura próxima ao escapamento, observa-se que o ruído médio foi maior para o T1 enquanto que no posto do operador o T3 apresentou maior valor de ruído médio. As diferenças encontradas entre os tratores e posições podem estar associadas à posição do escapamento e a proximidade com o assento do operador. Em todos os tratores estudados o escapamento se encontrava do lado esquerdo, variando a distância em relação ao posto do operador.

**Tabela 5** - Desdobramento da interação trator e posição de leitura (próximo ao escapamento e no posto do operador) para o ruído médio.

Trator	Ruído médio (dB(A))	
	Posição de leitura	
	Próximo ao escapamento	No posto do operador
T1 (40,5 kW - 4x2)	105,56 aA	90,31 bB
T2 (55,2 kW - 4x2 TDA)	93,11 bA	90,66 bB
T3 (41,0 kW - 4x2 TDA)	88,94 cB	108,26 aA

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

Na interação trator e rotação do motor (mínima, trabalho e máxima), Tabela 6, pode-se observar que os valores de ruído para os tratores estudados com comportamento semelhante, em que os maiores valores de ruído médio foram verificados para a rotação máxima e os menores

valores de ruído para a rotação mínima. Conforme Arcoverde et al. (2011) a exigência de potência do motor aumenta o nível de potência sonora (ruído). Observa-se que em todas as rotações o trator de maior potência (T2), apresentou o menor valor de ruído, enquanto que os tratores de menor potência (T1 e T3) apresentaram os maiores ruídos.

**Tabela 6** - Desdobramento da interação trator e rotação do motor (mínima, máxima e de trabalho) para o ruído médio.

Trator	Ruído médio (dB(A))		
	Rotação do motor		
	Mínima	Trabalho	Máxima
T1 (40,5 kW - 4x2)	86,17 aC	101,22 bB	106,43 aA
T2 (55,2 kW - 4x2 TDA)	80,58 cC	94,20 cB	100,87 bA
T3 (41,0 kW - 4x2 TDA)	84,40 bC	103,80 aB	107,60 aA

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

Para a rotação mínima do motor (Tabela 6), tem-se o T1 com valor acima do limite de 85 dB(A); na rotação máxima pode-se observar os maiores valores de ruído médio para o T1 e T3 que permite uma exposição entre 15 a 30 minutos a fonte de potência sonora (ruído); e na rotação de trabalho, o T3 apresenta o maior valor de ruído médio. O T2 foi o trator que apresentou os menores valores de ruído para as rotações individualmente estudadas. O que confirma que tratores de menores potências apresentam maiores valores de ruídos.

Os valores de ruído para a interação posição de leitura versus rotação do motor (Tabela 7) foi significativa, e observa-se que próximo ao escapamento e no posto do operador o comportamento foi semelhante, sendo o ruído maior na rotação máxima. Para a rotação mínima do motor (Tabela 7), pode-se verificar o menor valor de ruído no posto do operador e que os valores encontrados nesta rotação estão abaixo do limite estabelecido pela norma regulamentadora NR 15 (BRASIL, 2012). Diferente situação foi verificada para a rotação máxima e de trabalho, em que os maiores valores de ruído médio foram verificados no posto do operador.

**Tabela 7** - Desdobramento da interação posição de leitura (próximo ao escapamento e no posto do operador) e rotação do motor (mínima, máxima e de trabalho) para o ruído médio.

Posição	Ruído médio (dB(A))		
	Rotação do motor		
	Mínima	Trabalho	Máxima
Próximo ao escapamento	84,88 aC	98,37 bB	104,38 bA
No posto do operador	82,55 bC	101,11 aB	105,55 aA

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

Na interação trator agrícola versus posição de leitura versus rotação do motor (Tabela 8), pode-se observar comportamento semelhante de ruído para os tratores agrícolas e as duas posições de leitura em relação às rotações do motor estudadas; entretanto, para a rotação mínima, o trator T1 na posição de leitura próximo ao escapamento e o T3 na posição de leitura no posto do operador apresentaram valores acima do limite de 85 dB(A).

**Tabela 8** - Desdobramento da interação trator, posição de leitura (próximo ao escapamento e no posto do operador) e rotação do motor (mínima, máxima e de trabalho) para o ruído médio.

Trator	Posição de leitura		Ruído médio (dB(A))		
			Rotação do motor		
			Mínima	Trabalho	Máxima
T1	Próximo escapamento	ao	92,27 C	108,80 B	115,63 A
		No posto operador	do	80,07 C	93,63 B
T2	Próximo escapamento	ao	81,00 C	95,30 B	103,03 A
		No posto operador	do	80,17 C	93,10 B
T3	Próximo escapamento	ao	81,37 C	91,00 B	94,47 A
		No posto operador	do	87,43 C	116,60 B

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T1: 40,5 kW - 4x2; T2: 55,2 kW - 4x2 TDA; T3 - 41,0 kW - 4x2 TDA.

#### 4 CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos e nas condições em que foi desenvolvido este trabalho, conclui-se que: Os níveis de patinagem não variaram em função dos tratores no ensaio. O método de avaliação da patinagem influenciou nos resultados da variável. Sendo que o método da distância percorrida apresentou menores valores de patinagem.

A opacidade da fumaça foi maior para o trator de menor potência no motor, e não depende do tempo de uso do trator agrícola e da potência do motor. Os maiores valores de ruído foram encontrados nos tratores de menor potência. Na rotação de trabalho todos os tratores apresentaram níveis de ruído acima do permitido pela norma brasileira.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa do terceiro e quarto autor. Os autores agradecem ao CRAD – Centro de Recuperação de Áreas Degradadas da UNIVASF, pela cessão de uso do trator para a condução do experimento. Os autores agradecem ao CEMA-FAUNA - Centro de

Conservação e Manejo da Fauna da UNIVASF pela cessão de uso do trator para a condução do experimento.

## 6 REFERÊNCIAS

- AMARAL, F. C. S.; SILVA, E. F.; MELO, A. S. **Caracterização pedológica e estudos de infiltração da água no solo em perímetros irrigados no Vale do São Francisco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 104 p.
- ARCOVERDE, S. N. S. et al. Nível de potência sonora emitido nas operações agrícolas. **Revista Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 1, p. 277-287, 2011.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. ASAE S 209.5: agricultural tractor test code. In: \_\_\_\_\_. **ASAE standards 1989**: Standards engineering practices data. St. Joseph, 1989. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10152**. Níveis de conforto acústico para o ambiente construído, Rio de Janeiro: ABNT; 1987. 4p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM-ISO 5353**: máquinas rodoviárias, tratores e máquinas agrícolas e florestais: ponto de referência do assento. Rio de Janeiro: ABNT, 1999. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-9714**: veículo rodoviário automotor: ruído emitido na condição parado. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13037**: veículos rodoviários automotores: gás de escapamento emitido por motor diesel em aceleração livre: determinação de opacidade da fumaça. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 5 p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. Norma Regulamentadora nº15 : Atividades e operações insalubres. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 06 de julho de 1978. Disponível em: <[http://www.mtb.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_15.pdf](http://www.mtb.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2012a.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. NR – 17 - Ergonomia. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 06 de julho de 1978. Disponível em: <[http://www.mtb.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_17.pdf](http://www.mtb.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_17.pdf)> Acesso em: 15 fev. 2012b.
- CAMARA, F. T. **Biodiesel de dendê em trator agrícola: desempenho em função do tempo de armazenamento e da proporção de mistura na operação de preparo do solo**. 2009. 92 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 251, de 7 de janeiro de 1999. Dispõe sobre os critérios, procedimentos e limites máximos de opacidade da emissão de escapamento dos veículos automotores do ciclo Diesel, em uso no Território Nacional, a serem utilizados em programas de I/M. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 de janeiro de 1999. Seção 1, n. 7, p. 97.
- CORTEZ, J. W. et al. Atributos físicos do Argissolo Amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1207-1216, 2011.
- CUNHA, J. P. A. R.; 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 Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 348-355, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2006. 370 p.
- FERNANDES, J. C. Barulho ensurdecedor. **Revista Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 17, p. 6-8, 2003.
- GABRIEL FILHO, A. et al. Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 781-789, 2004.
- GONÇALVES, S. S. **Interferência dos fatores ambientais no desempenho do trator agrícola funcionando com 5% de biodiesel**. 2010. 56 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental)-Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2010.
- GONÇALVES, S. S. et al. Ensaio de opacidade e nível de ruído de um trator agrícola. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 244-252, 2013.
- HERZOG, R. L. S.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R. Produtividade de soja em semeadura direta influenciada por profundidade do sulcador de adubo e doses de resíduo em sistema irrigado e não irrigado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 771-780, 2002.

LIMA, L. P. et al. Comparativo entre biodiesel de dendê e tucumã no desempenho operacional de trator agrícola. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 234-243, 2012.

LIOTTI, C. G. et al. Opacidade da fumaça de trator agrícola em função do uso de biodiesel de dendê e das condições climáticas. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22., 2010, Marília. **Anais...** Marília: Unesp, 2010. p. 1-4.

LOPES, A. et al. Opacidade da fumaça de trator agrícola utilizando biodiesel em função das condições climáticas no horário de execução do ensaio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro: SBEA, 2009. p. 1-4.

LOUZADA, R. S. et al. Comparação de três métodos de avaliação do percentual de patinagem de tratores agrícolas. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFPEL, 9., 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPEL, 2007. p. 1-5.

MENEZES, J. S. R., PAULINO, N. J. A. **Efeitos do ruído no organismo**. In: SALIBA, T. M. Manual de avaliação e controle do ruído. 3. ed. São Paulo: LTr, 2004. p. 62-72.

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

MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GABRIEL FILHO, A. Desempenho de um trator agrícola em função do tipo construtivo do pneu e da lastragem líquida em três velocidades de deslocamento na pista com superfície firme. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 68-84, 2009.

SILVA, A. L. B. R.; PINHEIRO NETO, R. ; SILVA, L. H. B. R. Utilização de motores de diferentes tratores agrícola com biocombustível. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA UEM, 9., 2011, Maringá. **Anais eletrônico...** Maringá: Cesumar, 2011. p. 1-5.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

TABILE, R. A. et al. Biodiesel de mamona no diesel interior e metropolitano em trator agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, p. 412-423, 2009.  
TECNOMOTOR ELETRÔNICA DO BRASIL LTDA. **TM 133 Opacímetro**: manual de operação. 10/07 ed. São Carlos: Tecnomotor, 2007a.. 12 p.

TECNOMOTOR ELETRÔNICA DO BRASIL LTDA. **Software IGOR**: manual de operação. 08/07 ed. São Carlos: Tecnomotor, 2007b.. 64 p.

TECNOMOTOR ELETRÔNICA DO BRASIL LTDA. **TM 525/2 Tacometro Universal**: manual de instruções. 09/07 ed. São Carlos: Tecnomotor, 2007c. 12p.

TECNOMOTOR ELETRÔNICA DO BRASIL LTDA. **TM 616 - Controlador Serial**: manual de operação. 07/10 ed. São Carlos: Tecnomotor, 2010. 12 p.

VALE, W. G. et al. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora direta. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 3, n. 3, p. 67-74, 2010.

ZOZ, F.; GRISSO, R. D. **Traction and tractor performance**. St Joseph: ASAE, 2003. 46 p.