

## RENDIMENTO ENERGÉTICO DO TRATOR AGRÍCOLA COM DIFERENTES DISTRIBUIÇÕES DE MASSAS ENTRE EIXOS

MAÍRA LASKOSKI<sup>1</sup>, THIAGO XAVIER DA SILVA<sup>2</sup>, LEONARDO LEONIDAS KMIĘCIK<sup>3</sup>, GUILHERME LUIZ PARIZE<sup>4</sup>, RENAN FABRÍCIO DOS SANTOS<sup>5</sup>, SAMIR PAULO JASPER<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma, Mestre em Ciências do Solo, UFPR/Curitiba-PR, maira.maylsk@gmail.com

<sup>2</sup>Discente em Agronomia, UFPR/Curitiba-PR, xavierthiagodasilva@hotmail.com

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Ciências do Solo, UFPR/Curitiba-PR, leonardo.leonidas@gmail.com

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Ciência do Solo, UFPR/Curitiba-PR, glparize@gmail.com

<sup>5</sup>Tecnólogo em Mecanização em Agricultura de Precisão, Mestrando em Ciência do Solo, UFPR/Curitiba-PR, (14)99688-3300, tecn.renan.santos@gmail.com

<sup>6</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto, UFPR/Curitiba-PR, samir@ufpr.br

Apresentado no  
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019  
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

**RESUMO:** Muitas informações técnicas disponíveis aos agricultores para proporcionar o melhor rendimento energético dos tratores agrícolas, são baseados em trabalhos realizados a mais de trinta ou quarenta anos. Na luz do conhecimento científico, basta a ciência verificar a validade destas informações, devido aos novos projetos de fabricação dos tratores agrícolas. Nesse contexto o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da distribuição de massa entre os eixos dianteiro e traseiro no desempenho energético do trator agrícola. O experimento foi conduzido num delineamento em faixas, do tipo fatorial duplo (3x2), sendo três distribuições de massa entre eixos dianteiro e traseiro (35/65, 40/60 e 45/55%) e duas superfícies (solo firme e mobilizado). O trator agrícola foi instrumentado e conduzido a 8,0 km h<sup>-1</sup>, tracionando uma carga de 30 kN. Os parâmetros foram: patinagem, velocidade operacional, força e rendimento na barra de tração, consumo horário e específico de combustível. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, posteriormente análise de variância e teste de média. Conclui-se que, para as superfícies analisadas, os maiores rendimentos energético foram para as distribuições de massa entre eixos de 35 a 40% na dianteira e 60 a 65% na traseira.

**PALAVRAS-CHAVE:** capacidade de tração, instrumentação, lastro.

### AGRICULTURAL TRACT ENERGY INCOME WITH DIFFERENT MASS DISTRIBUTIONS BETWEEN AXLES

**ABSTRACT:** Many technical information available to farmers to provide the best energy performance of agricultural tractors is based on work performed in the more than 30 or 40 years. In the light of scientific knowledge, it is enough science to verify the validity of this information, due to the new projects of manufacture of agricultural tractors. In this context the objective of this work was to evaluate the effect of the mass distribution between the front and rear axles on the energy performance of the agricultural tractor. The experiment was conducted in a double factorial design (3x2), three mass distributions between the front and rear axles (35/65, 40/60 and 45/55%) and two surfaces (firm and mobilized soil). The agricultural tractor was instrumented and conducted at 8.0 km h<sup>-1</sup>, drawing a load of 30 kN. The parameters were: skating, operational speed, force and yield on the drawbar, hourly

consumption and specific fuel consumption. The data were submitted to the normality test, later analysis of variance and mean test. It's concluded that, for the analyzed surfaces, the highest energy yields were for the mass distributions between axes of 35 to 40% in the front and 60 to 65% in the rear.

**KEYWORDS:** traction capacity, instrumentation, ballasting.

**INTRODUÇÃO:** As informações técnicas para ajustar e/ou adequar os tratores para operar em diferentes operações agrícolas e condições de superfícies de solo são baseadas em informações de trinta ou quarenta anos atrás. Necessitando a ciência revalidar estas informações ou até corrigir, em virtude dos novos processos de fabricação dos tratores, no qual englobaram novos sistemas de transmissões, eletrônicas, pneus, etc. A baixa eficiência de tração ocorre por causa de alguns fatores como o tipo de solo, distribuição de massa entre os eixos, características dos rodados, transferência de massa durante a operação, tipo e quantidade de cobertura vegetal, entre outros (GABRIEL FILHO et al., 2010). Dentre fatores que interferem no desempenho de tratores agrícolas, podem-se considerar como preponderantes a massa total e a distribuição de massa por eixo no trator, que afetam diretamente na ocorrência de variação de patinagem e de consumo de combustível, bem como na velocidade de deslocamento (SICHOCKI et al., 2013). Os tratores de tração dianteira auxiliar são aqueles que têm a possibilidade de conectar ou desconectar a tração dianteira no posto do operador, podendo comportar-se como versões diferentes do mesmo trator, em função do trabalho requerido (SCHLOSSER, 1996). Este trator também é conhecido como “tracionado”, possuindo rodas dianteiras menores do que as rodas traseiras, embora provida de pneus motrizes. A distribuição de massa estática recomendada é de 40% no eixo dianteiro e 60% no traseiro, podendo tornar-se 30/70% em condições dinâmicas (SCHLOSSER, 1997). Nesse contexto o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da distribuição de massa entre os eixos dianteiro e traseiro no desempenho energético do trator agrícola.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Canguiri, pertencente à Universidade Federal do Paraná (UFPR). O delineamento utilizado foi em faixas, fatorial duplo, sendo três distribuições de massas entre eixos dianteiro e traseiro (35/65, 40/60 e 45/55%) e duas superfícies (solo firme e mobilizado), com cinco repetições, totalizando trinta unidades experimentais. O solo firme (900 x 7,5 metros) foi obtido através de passagens sucessivas com o Trator Case IH, Magnum 340, encerrando quando os valores de resistências a penetração foram superiores a 2,0 Mpa (na camada 0 – 20 cm) nos 30 pontos medidos pelo penetrômetro eletrônico da marca Falker, modelo PLG 1020. O solo mobilizado (900 x 7,5 metros) foi obtido através de uma gradagem pesada (0 – 20 cm) e duas gradagens leve. O trator utilizado o New Holland T6050 Plus, potência nominal de 93 kW (126 cv), motor intercooler de 6 cilindros, injeção mecânica e transmissão Semi-Powershift Standard 16x16 Electrosift<sup>TM</sup>, 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA) acionada. Os pneus utilizados foram radiais da Continental 380/85R28 na dianteiro e 460/85R38 no eixo traseiro, ambos com pressão de insuflagem de 68,94 kPa (10 psi), que proporcionou antecipação de 3,8%. A relação de massa/potência adotada foi 55 kg cv<sup>-1</sup> em todas as distribuições de massas entre eixos, o lastro hidráulico de 40% nos quatro pneus foi inalterado, e para atingir o objetivo das diferentes distribuições, foi variado o lastro sólido, utilizando quatro balanças de sapata CELMIG CM-1002 para aferir a distribuição (TABELA 1). O trator do teste foi conduzido numa velocidade de 8 km h<sup>-1</sup> (Marcha B6) a 1970 RPM no motor. Os ensaios se constituíram em realizar frenagens controladas na barra de tração, através da mudança de marchas do trator freio, Case IH, Magnum 340, no sistema de comboio conforme descrito por Mialhe (1996). A carga de frenagem foi 30 kN, conforme recomenda o Código 2 da OECD (OECD, 2012). Os parâmetros avaliados foram: patinagem dos rodados dianteiro e traseiros, velocidade

operacional, força, potência e rendimento na barra de tração, consumo horário e específico de combustível. A instrumentação utilizada, bem como a metodologia utilizada nos cálculos dos parâmetros citados está descrito por Jasper et al. (2016). Os dados testados por Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, sendo a transformação dos dados Box-Cox. Atendidas as pressuposições de normalidade e homocedasticidade, os dados foram submetidos análise de variância, experimentos em faixas, em casos de interações significativas, foram feitas análises de desdobramento. E, quando necessário, o teste Tukey foi aplicado para comparações múltipla.

TABELA 1. Especificações do lastro sólido e distribuições de massa entre eixos.

Massa estática nos eixos	Distribuição 1	Distribuição 2	Distribuição 3
<b>Dianteiro</b>	2.446 kg (35%)	2.794 kg (40%)	3.142 kg (45%)
<b>Traseiro</b>	4.617 kg (65%)	4.216 kg (60%)	3.823 kg (55%)
<b>TOTAL</b>	7.063 kg	7.010 kg	6.965 kg
<b>(kg cv<sup>-1</sup>)</b>	56,05 kg cv <sup>-1</sup>	55,63 kg cv <sup>-1</sup>	55,28 kg cv <sup>-1</sup>

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na TABELA 2 são apresentados os resultados da patinagem nos rodados dianteiro (PAT D) e traseiro (PAT T), consumo horário de combustível (CHC), força na barra de tração (FBT), velocidade operacional (VO), potência na barra de tração (PBT), rendimento na barra de tração (RBT) e consumo específico de combustível (CEC), para as diferentes distribuições de massas e superfícies.

TABELA 2. Síntese da análise de variância para as diferentes distribuições de eixos (D) e superfícies (S) para carga de 30 kN na barra de tração.

Fatores	PAT D (%)	PAT T (%)	CHC <sup>1</sup> (L h <sup>-1</sup> )	FBT (kN)	VO (km h <sup>-1</sup> )	PBT <sup>1</sup> (kW)	RBT <sup>1</sup> (%)	CCE (g kW.h <sup>-1</sup> )
<b>Distribuições (D)</b>								
<b>35/65%</b>	12,23 B	12,35 B	21,53 A	29,28	6,82 A	55,41	59,83	321 A
<b>40/60%</b>	14,27 A	14,20 A	21,26 A	29,14	6,62 B	53,55	57,82	328 A
<b>45/55%</b>	14,38 A	14,50 A	20,26 B	29,91	6,57 B	54,55	58,91	308 B
<b>Superfícies (S)</b>								
<b>Firme</b>	14,38 A	14,38 A	21,14	29,50	6,81 A	55,72 A	60,17 A	314 B
<b>Mobilizada</b>	12,88 B	12,99 B	20,89	29,40	6,53 B	53,28 B	57,53 B	325 A
<b>Teste F</b>								
<b>D</b>	7,90*	7,27*	33,47**	3,55 <sup>NS</sup>	11,46**	3,25 <sup>NS</sup>	3,86 <sup>NS</sup>	36,26**
<b>S</b>	49,94**	38,26**	0,41 <sup>NS</sup>	0,21 <sup>NS</sup>	233,67**	25,35**	40,07**	8,96*
<b>D x S</b>	6,33*	6,57*	3,96 <sup>NS</sup>	7,56*	82,61**	0,44 <sup>NS</sup>	1,58 <sup>NS</sup>	1,55 <sup>NS</sup>
<b>CV (%)</b>								
<b>D</b>	9,99	9,96	1,88	2,33	1,82	2,75	2,75	1,75
<b>S</b>	4,27	4,50	4,06	2,06	0,76	1,94	1,94	3,08
<b>D x S</b>	8,85	9,08	2,41	3,14	1,06	2,52	2,52	3,21
<b>SW</b>								
<b>Tabelado</b>	0,927	0,927	0,927	0,927	0,927	0,927	0,927	0,927
<b>Calculado</b>	0,984 <sup>N</sup>	0,981 <sup>N</sup>	0,923 <sup>A</sup>	0,985 <sup>N</sup>	0,954 <sup>N</sup>	0,914 <sup>A</sup>	0,914 <sup>A</sup>	0,989 <sup>N</sup>
<b>Box-Cox</b>			0,932 <sup>N</sup>			0,964 <sup>N</sup>	0,964 <sup>N</sup>	
<b>Bartlett</b>								
<b>Tabelado</b>	11,07	11,07	11,07	11,07	11,07	11,07	11,07	11,07
<b>Calculado</b>	3,27 <sup>H</sup>	3,33 <sup>H</sup>	16,21 <sup>NH</sup>	3,05 <sup>H</sup>	8,78 <sup>H</sup>	8,50 <sup>H</sup>	8,50 <sup>H</sup>	5,90 <sup>H</sup>

<sup>1</sup> Variáveis transformadas com Box-Cox, devido à falta de normalidade. Na coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra não diferem, "Teste Tukey" (P < 0,05). Teste F da análise de variância: NS – Não significativo; \* (P < 0,05) e \*\* (P < 0,01). CV %: Coeficiente de variação. SW: Shapiro-Wilk (P < 0,05); N – Normalidade e A – Anormalidade. Teste de

Bartlett: H – Homogêneas e NH – Heterogêneas.

Analisando os fatores individualmente, nota-se, que para distribuição de massa entre eixos os parâmetros de força, potência e rendimento na barra de tração não diferiram estatisticamente. Neste caso a carga solicitada na barra de tração não oscilou garantindo a

qualidade na execução do experimento. A patinagem no rodado dianteiro e traseiro foram menores, significativamente, para distribuição entre eixo de 35/65%, corroborando para maior velocidade operacional, quando comparada as distribuições 40/60% e 45/55%. Para o rendimento energético (CCE) observa-se que os tratamentos 35/65% e 40/60% não diferiram e o tratamento 45/55% apresentou o menor consumo específico de combustível. Para o segundo fator os parâmetros de força na barra de tração e consumo horário de combustível não diferiram entre a superfície firme e mobilizada. Fato explicado, em parte, pela menor velocidade operacional na superfície mobilizada, resultando numa menor potência e rendimento na barra de tração, explicando o maior consumo específico de combustível. Na Tabela 3 são apresentadas as análises de interação entre os fatores de distribuição de massa entre eixos e superfície em que foi conduzido o experimento.

TABELA 3. Interação dos parâmetros: Patinagem Dianteira (PAT D); Patinagem Traseira (PAT T); Força na Barra de Tração (FBT) e Velocidade Operacional (VO).

PAT D (%)			PAT T (%)		
Distribuições (D)	Superfícies (S)		Distribuições (D)	Superfícies (S)	
	Firme	Mobilizada		Firme	Mobilizada
35/65%	13,04 Ab	11,42 Ab	35/65%	13,17 Ab	11,54 Ab
40/60%	14,04 Aab	12,70 Aab	40/60%	13,83 Ab	14,57 Aa
45/55%	16,06 Aa	14,51 Ba	45/55%	16,14 Aa	12,86 Bab
FBT (kN)			VO (km h <sup>-1</sup> )		
Distribuições (D)	Superfícies (S)		Distribuições (D)	Superfícies (S)	
	Firme	Mobilizada		Firme	Mobilizada
35/65%	28,99 Ab	29,58 Aa	35/65%	6,97 Aa	6,67 Ba
40/60%	28,62 Ab	29,67 Aa	40/60%	6,96 Aa	6,29 Bb
45/55%	30,88 Aa	28,94 Ba	45/55%	6,50 Ab	6,64 Ba

As médias seguidas por letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna, diferem pelo "Teste Tukey" (P < 0,05).

**CONCLUSÕES:** Os melhores desempenhos do trator foram nas distribuições de massa entre eixo de 35/65% e 40/60%, propondo uma flexibilidade na distribuição.

#### REFERÊNCIAS:

- ASABE – American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASABE EP 496.2 FEB03. Standards: standards engineering practices data, St. Joseph: p. 366-372, 2003.
- GABRIEL FILHO, A.; et al.; Desempenho de trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.333-339, 2010.
- JASPER, S. P.; et al., Desempenho do trator de 157 kW na condição manual e automático de gerenciamento de marchas. Revista Scientia Agrária, v.17, n.13, p.55-60, 2016.
- MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaios e certificação. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722p.
- OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development. OECD standard code for the official testing of agricultural and forestry tractor performance. 2012. 90p.
- SCHLOSSER, J. F. Motores e tratores agrícolas. Caderno didático. Departamento de Engenharia Rural - Universidade Federal de Santa Maria, RS. 1997. 76p.
- SCHLOSSER, J. F. Influencia del avance cinemático de las ruedas delanteras motoras en la eficiencia en tracción de los tractores agrícolas. Madrid: España, 1996. 234p. Tese Doctorado - Departamento de Ingeniería Rural, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, 1996.
- SICHOCKI, D.; et al.; Consumo energético e patinagem de um trator agrícola tracionando uma enxada rotativa e um arado de discos. Engenharia na Agricultura, v. 21, n.5, 2013.