

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM TRATOR AGRÍCOLA DURANTE OPERAÇÃO DE GRADAGEM

Marcelo Silveira de Farias^{1*}, José Fernando Schlosser², Alfran Tellechea Martini³, Gilvan Moisés Bertollo⁴ Jorge Volpi Alvez⁵

¹ Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais, Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen, 98400-000, Frederico Westphalen, Brasil.

² Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900, Santa Maria, Brasil.

³ Coordenadoria Acadêmica, Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Cachoeira do Sul, 96506-322, Cachoeira do Sul, Brasil.

⁴ Departamento de Estudos Agrários, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 98700-000, Ijuí, Brasil.

⁵ Universidad de La República Oriental del Uruguay, 11200, Montevideo, Uruguay.

*E-mail: silveira_farias@hotmail.com

Recebido em: 23/05/2018

Aceito em: 13/07/2018

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a capacidade de campo efetiva e o consumo operacional de combustível de um trator agrícola, utilizando diferentes tamanhos de grades niveladoras e velocidades de trabalho, durante a operação de gradagem. O experimento foi conduzido sobre solo classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico, com delineamento experimental em blocos ao acaso e três repetições, totalizando 27 unidades experimentais. Utilizaram-se três grades niveladoras leves de 28, 32 e 36 discos acopladas, por meio da barra de tração, em um trator agrícola, com potência máxima no motor de 57,5 kW (78,2 cv). Os dados foram registrados por meio de instrumentação eletrônica instalada no trator. Nestas condições, os resultados indicam que, tecnicamente, a maior velocidade compensa a menor largura de trabalho, porém trabalhar com grade mais larga e com menor velocidade, proporciona economia de combustível, tornando a operação de gradagem mais eficiente economicamente.

Palavras-chave: Mecanização agrícola. Preparo de solo. Economia de combustível. Custo de produção.

1 Introdução

No modelo de agricultura atual, a competitividade imposta ao setor produtivo, obriga o empresário rural a racionalizar o uso de insumos nas áreas de cultivo, com vistas a aumentar a produtividade e diminuir os custos de produção.

Em geral, o preparo convencional do solo é a atividade com maior custo de energia no sistema de produção [1]; onde as grades são os implementos mais utilizados no preparo do leito de semeadura [2]. Utilizadas no preparo primário e secundário do solo, as justificativas para o uso deste tipo de implemento são o controle de plantas daninhas e incorporação dos restos culturais, bem como a melhoria da porosidade e da aeração do solo [3].

Neste contexto, informações sobre a capacidade de campo efetiva das máquinas agrícolas, para cada operação agrícola mecanizada, são de suma importância no gerenciamento do parque de máquinas de uma empresa rural, auxiliando na tomada de decisões [4]. Ainda, conforme Toledo [5], para se obter

rentabilidade na empresa rural, todas as operações agrícolas mecanizadas devem ser planejadas de forma racional.

Considerando que o custo da energia consumida nas operações das máquinas e equipamentos agrícolas impacta de forma expressiva no custo total da mecanização agrícola [6]; este pode ser reduzido por meio de melhores procedimentos operacionais [7]. Durante a operação de semeadura, Mahl [8] encontrou, em média, 12% de incremento no consumo horário de combustível para cada km h⁻¹ de incremento na velocidade de trabalho. Assim, a mecanização agrícola pode ser considerada como o principal fator em termos de potencial para redução dos custos de produção [9].

No momento da aquisição de um trator agrícola, o usuário geralmente leva em consideração critérios técnicos e econômicos, relacionados às características técnicas e aos custos para aquisição, manutenção e operação. Porém, além destes, a eficiência energética poderia ser mais um item a ser analisado [10].

Segundo Frantz [11], o combustível consumido durante determinada operação agrícola mecanizada é a forma prática de quantificar a eficiência energética de tal operação; afirmando ser o principal indicador técnico na avaliação do uso da eficiência de máquinas agrícolas [12].

Devido à necessidade de buscar-se maior eficiência energética na utilização de tratores agrícolas, este trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de campo efetiva e o consumo operacional de combustível de um trator utilizando diferentes tamanhos de grades e velocidades de trabalho.

2 Parte Experimental ou Metodologia

2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido sobre solo Argissolo Vermelho distrófico arênico, sendo a área utilizada pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, estando em pousio, com predomínio de espécies gramíneas naturais da região. Antes da instalação do experimento, a área foi preparada, com uso de grade-aradora de 16 discos de 26 polegadas de diâmetro cada, à profundidade de 0,20 m, sendo eliminada parte da cobertura vegetal. Os ensaios ocorreram sob teor de água no solo de 0,16 kg kg⁻¹.

2.2 Conjunto mecanizado de pesquisa

No experimento foi utilizado trator MF 4275 (Massey Ferguson, Canoas, Brasil), equipado com motor de ciclo Diesel da marca MWM, com 1339 horas de uso, de quatro tempos, modelo A4-4.1, com quatro cilindros, volume deslocado de 4.100 cm³ e de aspiração natural. Segundo os resultados do teste dinamométrico, a potência máxima do motor é de 57,5 kW (78,2 cv) a 2100 rpm, sob a norma [13]. O trator possuía massa total de 4.030 kgf (39,52 kN), com distribuição de massa estática de 58% sobre o eixo traseiro e 42% sobre o dianteiro.

Acoplada à barra de tração do trator, foram utilizadas três grades niveladoras leves (Tabela 1), sendo todas reguladas para o mesmo ângulo de ataque dos discos (17,64°) e mesmo ângulo de abertura da grade (35,27°), seguindo cálculo do ângulo horizontal de ataque de grades agrícolas de discos, proposto por Stolf [2].

Tabela 1 – Principais características técnicas das três grades niveladoras leves utilizadas para o preparo do solo.

Características técnicas	Grades niveladoras leves		
	GN28	GN32	GN36
Nº de discos	28 discos	32 discos	36 discos
Tipo de discos dianteiros	Recortado	Recortado	Recortado
Tipo de discos traseiros	Liso	Liso	Liso
Diâmetro dos discos (m)	0,55	0,51	0,50
Espaçamento entre discos (m)	0,18	0,18	0,18
Largura efetiva de trabalho (m)	2,34	2,83	3,18
Profundidade média de trabalho (m)	0,15	0,16	0,15
Massa (kgf)	670	650	730
Relação de massa/disco (kgf disco ⁻¹)	23,93	20,31	20,28

2.3 Aquisição de dados

Para quantificar o consumo horário de combustível, utilizou-se um fluxômetro, marca Oval M-III, modelo LSF 41, composto por duas engrenagens. Uma delas possui um ímã que sensibiliza um sensor indutivo a cada volta (1 mL de volume deslocado), gerando um pulso que é convertido e armazenado em um datalogger, da marca *Campbell Scientific*, modelo CR1000, conforme esquema da Figura 1. As informações foram registradas continuamente ao longo de cada unidade experimental, em um intervalo de aquisição de dois segundos.

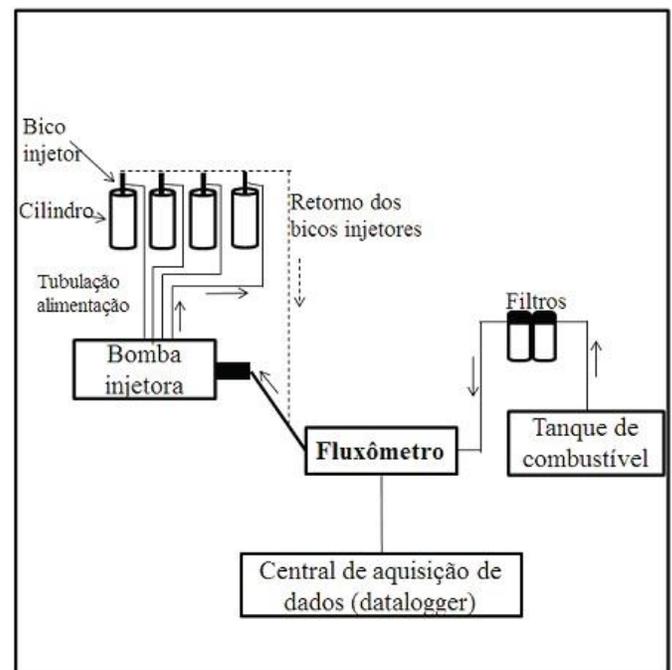


Figura 1 – Esquema de instalação do fluxômetro no motor do trator.

A relação entre a área de solo preparado e o tempo despendido para realizar este trabalho foi utilizada para quantificar a capacidade de campo efetiva. Já o consumo operacional de combustível foi obtido por meio da relação entre o consumo horário de combustível e a capacidade de campo efetiva, conforme descrito por Mialhe [14].

2.4 Procedimentos experimentais e estatísticos

Para a análise estatística, foi considerado um experimento bifatorial, em que os fatores foram: tamanhos de grades: GN28; GN32 e GN36 (Figura 2) e velocidades de trabalho (4,40; 6,70 e 9,80 km h⁻¹), em delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, totalizando 27 unidades experimentais. Após, os dados (capacidade de campo efetiva e consumo operacional de combustível) foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey de comparação de médias, em nível de 5% de significância, com o auxílio do programa estatístico Sisvar, versão 5.3 [15].



Figura 2 – Conjunto mecanizado trator+grade niveladora de 32 discos (GN32), durante operação de gradagem, na área experimental.

3 Resultados e discussões

3.1 Capacidade de campo efetiva

Quando analisados os resultados de capacidade de campo efetiva (ha h^{-1}) dos conjuntos mecanizados trator + grades niveladoras, utilizadas no experimento, verifica-se que estes apresentam comportamento considerado normal, devido aos conjuntos de maior largura e velocidade de trabalho resultarem em capacidades mais elevadas.

O ganho em capacidade de campo efetiva devido ao aumento da velocidade de trabalho foi aproximadamente 1,5 vezes maior, quando comparada a menor velocidade ($4,40 \text{ km h}^{-1}$) em relação à velocidade intermediária ($6,70 \text{ km h}^{-1}$). Quando se compara essa menor velocidade de trabalho com a maior estudada ($9,80 \text{ km h}^{-1}$), a capacidade de campo aumenta em duas vezes, para qualquer uma das grades avaliadas.

Ainda, verifica-se na Tabela 2, que todas as grades diferiram entre si quando analisado a capacidade de campo efetiva em cada velocidade de trabalho. O menor conjunto mecanizado (trator + GN28) trabalhando a $9,80 \text{ km h}^{-1}$ atinge, praticamente, a mesma capacidade de campo do conjunto trator + GN36, operando a $6,70 \text{ km h}^{-1}$, em torno de $1,50 \text{ ha h}^{-1}$. Neste caso, de forma técnica, a maior velocidade compensa a menor largura, porém trabalhar com a grade de 36 discos a $6,70 \text{ km h}^{-1}$ torna a operação mais eficiente economicamente, com economia de combustível de $1,60 \text{ L ha}^{-1}$.

3.2 Consumo operacional de combustível

Da mesma forma como para a capacidade de campo efetiva, o consumo operacional de combustível dos conjuntos mecanizados também diferiu entre as três grades para as velocidades analisadas, observando-se que com o aumento da velocidade de trabalho, houve redução do consumo operacional (Tabela 2). O fato de que em velocidades maiores, os discos da grade tendem a penetrar menos no solo e, conseqüentemente, exigem menor força de tração, explica o menor consumo operacional de combustível [3].

Tabela 2 – Capacidade de campo efetiva e consumo operacional de combustível nas diferentes velocidades de trabalho, para os três conjuntos mecanizados avaliados.

Grades Niveladoras	Velocidades de trabalho (km h^{-1})		
	4,40	6,70	9,80
-----Capacidade de campo efetiva (ha h^{-1})-----			

GN28	0,74 ^{a*}	1,13 ^c	1,55 ^c
GN32	0,89 ^b	1,34 ^b	1,89 ^b
GN36	1,02 ^a	1,52 ^a	2,20 ^a
-----Consumo operacional de combustível (L ha^{-1})-----			

GN28	8,99 ^a	7,34 ^a	7,00 ^a
GN32	7,46 ^b	6,36 ^b	5,95 ^b
GN36	6,38 ^c	5,40 ^c	4,97 ^c

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em média, para as três grades avaliadas, quando a velocidade de trabalho aumentou de $4,40$ para $9,80 \text{ km h}^{-1}$, obteve-se incremento de 113,64% na capacidade de campo efetiva e redução de 21,55% no consumo operacional de combustível. Ao avaliar o conjunto trator + semeadora, na semeadura do milho, Mahl [8], obtiveram incremento de 86% na capacidade de campo efetiva e redução de 26% no consumo operacional, alterando a velocidade de $4,40$ para $8,10 \text{ km h}^{-1}$.

Segundo Almeida [16], ao pensar no uso, custo e impacto ambiental das operações agrícolas mecanizadas, a economia de combustível se torna objetivo principal para se obter a máxima eficiência econômica, onde o aumento da velocidade de trabalho, contribui para a redução do consumo operacional de combustível.

4 Conclusões

Nas condições em que foi realizado o experimento e com base nos resultados obtidos, este trabalho possibilitou concluir que apesar de haver aumento do consumo horário de combustível em função da maior velocidade de trabalho, a capacidade de campo efetiva também aumenta e, conseqüentemente, reduz o consumo operacional de combustível.

Estudos futuros são necessários para avaliar se as tendências encontradas referem-se a todos os tratores e condições de solos ou se são específicas para as condições, modelo de trator e fabricante utilizado neste experimento.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento de Solos da UFSM, pelo empréstimo da área experimental; ao prof. Dr. Enio Marchesan pelo empréstimo do trator agrícola; e aos Departamentos de Fitotecnia e de Zootecnia pelo empréstimo das grades niveladoras leves utilizadas no experimento.

OPERATIONAL AND ENERGETIC PERFORMANCE OF AN AGRICULTURAL TRACTOR DURING HARROWING OPERATION

ABSTRACT: This research has the main objective to evaluate the effective field capacity and operational fuel consumption of an agricultural tractor, using different sizes of disk harrow and travel speeds, during harrowing operating. The experiment was conducted on soil classified as Argissolo Vermelho distrófico arênico, through a randomized block experimental design, with three repetitions and 27 experimental units. Three disc harrows of 28, 32 and 36 discs were used, coupled by the drawbar on an agricultural tractor, with 57.5 kW (78.2 hp) of maximum power on the engine. The information was recorded by the electronic instrumentation that was installed on the tractor. In these conditions, results indicate that, technically, the higher travel speed compensates for the smallest working width, but working with a larger disk harrow at a lower travel speed, provides fuel economy, making the harrowing operation more economically efficient.

Keywords: Agricultural mechanization. Soil preparation. Fuel economy. Production cost.

Referências

- [1] SÁ, J. M. et al. Balanço energético da produção de grãos, carne e biocombustíveis em sistemas especializados e mistos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Vol. 48, n. 10, p. 1323-1331, 2013.
- [2] STOLF, R. et al. Medida do ângulo horizontal de ataque dos discos de grades agrícolas de dupla ação e aplicação a uma propriedade agrícola. *Bragantia*, Vol. 69, n. 2, p. 493-497, 2010.
- [3] CORREIA, T. P. S. et al. Disk harrow operational performance in three engine rotation speeds. *Científica*, Vol. 43, n. 3, p. 221-225, 2015.
- [4] MOLIN, J. P. et al. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. *Engenharia Agrícola*, Vol. 26, n. 3, p. 759-767, 2006.
- [5] TOLEDO, A. et al. Comportamento espacial da demanda energética em semeadura de amendoim em Latossolo sob preparo convencional. *Engenharia Agrícola*, Vol. 30, n. 3, p. 459-467, 2010.
- [6] JASPER, S. P.; SILVA, P. R. A. Estudo comparativo do custo operacional horário da mecanização agrícola utilizando duas metodologias para o estado de São Paulo. *Revista Nucleus*, Vol. 10, n. 2, p. 119-126, 2013.
- [7] STANGE, K. et al. Microcomputer goes to the field to gather tractor test data. *Agricultural Engineering*, Vol. 65, n. 1, p. 21-26, 1984.
- [8] MAHL, D. et al. Demanda energética e eficiência na distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição do solo. *Engenharia Agrícola*, Vol. 24, n. 1, p. 150-157, 2004.
- [9] PELOIA, P. R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. *Revista Engenharia Agrícola*, Vol. 30, n. 4, p. 681-691, 2010.
- [10] SILVEIRA, G. M.; SIERRA, J. G. Eficiência energética de tratores agrícolas fabricados no Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Vol. 14, n. 4, p. 418-424, 2010.
- [11] FRANTZ, U. G. et al. Eficiência energética de um trator agrícola utilizando duas configurações de tomada de potência. *Ciência Rural*, Vol. 44, n. 7, p. 1219-1222, 2014.
- [12] SERRANO, J. M. P. R. Desempenho de tratores agrícolas em tração. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Vol. 42, n. 7, p. 1021-1027, 2007.
- [13] DIN (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG). DIN 70020: Automotive Engineering; Maximum Speed; Acceleration and Other Terms; Definitions and Tests. German National Standard, 1986.
- [14] MIALHE, L. G. Manual de mecanização agrícola. São Paulo: Agronômica CERES, 1974. 301p.
- [15] FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Vol. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- [16] ALMEIDA, R. A. S. et al. Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. *Revista Agrarian*, Vol. 3, n. 7, p. 63-70, 2010.