
NOTA TÉCNICA:**CONSUMO DE COMBUSTÍVEL EM TRATOR AGRÍCOLA EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE E PROFUNDIDADE DE TRABALHO NAS OPERAÇÕES DE ARAÇÃO E GRADAGEM**

Luiz Henrique de Souza¹, Caio Gontijo Rabelo², Christian Dias Cabacinha³, Mateus Junior Silva Pinto⁴, Leandro de Matos⁵

RESUMO

O consumo horário de combustível é um dos fatores mais importantes no gerenciamento da produção de uma propriedade agrícola. A correta seleção da velocidade e da profundidade de trabalho é uma prática simples que pode contribuir para a economia da operação e aumento de produção agrícola. Objetivou-se com este trabalho avaliar o consumo horário de combustível de um trator agrícola nas operações de aração e gradagem em três velocidades de deslocamento, 5,0; 6,0; e 8,0 km h⁻¹ e 2 profundidades de trabalho; 0,10 e 0,20 m. O experimento foi conduzido no Instituto de Ciências Agrárias localizado na cidade de Montes Claros/MG. Foram utilizados dois sensores medidores de fluxo de combustível, um colocado na linha de alimentação do trator e o outro na linha de retorno. Os sinais emitidos pelos dois sensores foram enviados para um sistema de aquisição de dados e descarregados em um programa específico. A menor velocidade de deslocamento e menor profundidade de trabalho proporcionaram ao trator menor consumo de combustível. É possível a diminuição no consumo horário de combustível demandado por um trator na operação de aração e gradagem apenas com a diminuição da velocidade e da profundidade de trabalho.

Palavras-chave: preparo periódico, máquinas agrícolas, mecanização agrícola

ABSTRACT**FUEL CONSUMPTION OF AN AGRICULTURAL TRACTOR AS A FUNCTION OF THE WORK SPEED AND WORKING DEPTH IN PLOWING AND HARROWING OPERATIONS**

Hourly fuel consumption is one of the most important factors in production management of a farm. The correct selection of working speed and depth is a simple practice which can contribute in many cases to operational economy and increased production. This work sought to evaluate the hourly fuel consumption of a tractor performing plowing and harrowing under three forward speeds 5.0, 6.0, and 8.0 km h⁻¹ and 2 depths of 0.10 and 0.20 m. The experiment was conducted at the Institute of Agricultural Sciences located in the city of Montes Claros, State of Minas Gerais, Brazil. Two sensors for flow measurement were placed in the supply line of the tractor and one in the return line. The signals from the two sensors were sent to a data acquisition system and discharged to a specific program on a microcomputer. The lowest forward speed and lowest working depth resulted in lower fuel consumption of the tractor. The decrease in hourly fuel consumption demanded by the operation of a plowing and harrowing tractor is possible only with decreasing speed and working depth.

Keywords: periodic tillage, agricultural machinery, agricultural mechanization

Recebido para publicação em 14/02/2014. Aprovado em 15/10/2014.

- 1 - Engenheiro Agrícola, Professor Adjunto. Instituto de Ciências Agrárias, UFMG – Montes Claros, MG. lh Souza@yahoo.com.br
- 2 - Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental. Instituto de Ciências Agrárias, UFMG. caiogontijo@gmail.com
- 3 - Engenheiro Florestal, Professor Adjunto. Instituto de Ciências Agrárias, UFMG. christian.cabacinha@gmail.com
- 4 - Engenheiro Agrícola e Ambiental. Mestrando em Engenharia Agrícola DEA/UFV. mateusufmg@yahoo.com.br
- 5 - Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental. Instituto de Ciências Agrárias, UFMG. leoynocencio@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O alto custo dos combustíveis e das máquinas agrícolas, aliado à baixa remuneração do produtor exige o uso de técnicas de gerenciamento dos serviços, principalmente aquelas ligadas às operações motomecanizadas, visando uma minimização do consumo de energia (SEKI; BENEZ, 2008).

O consumo de combustível do trator agrícola, conforme Montanha *et al.* (2011), engloba um dos custos mais elevados nas operações agrícolas, sendo que o total consumido está diretamente ligado a fatores como a adequação e condição do conjunto trator-equipamento, profundidade da operação, tipo e condição de solo, número total de operações utilizadas no processo de preparação do solo, dentre outros. Desta forma, as operações de gradagem e aração também se incluem como operações que exigem grande demanda de combustível do trator.

O tipo de preparo do solo pode influenciar no consumo de combustível. Salvador *et al.* (2009), ao avaliarem o consumo de combustível em diferentes sistemas de preparo periódico do solo, concluíram que a aração e gradagem pesada obtiveram menor consumo de combustível quando realizado antes da subsolagem.

Ao avaliarem o desempenho de um trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento, Gabriel Filho *et al.* (2010) observaram que o consumo horário de combustível diminuiu com a diminuição da velocidade de deslocamento. Compagnon *et al.* (2013), ao avaliarem o desempenho de um conjunto trator-escarificador em duas profundidades distintas, concluíram que o consumo horário de combustível aumentou com o aumento da profundidade.

Considerando a influência da velocidade e da profundidade de trabalho dos equipamentos agrícolas no consumo de combustível demandado pelo trator, objetivou-se com este trabalho avaliar o consumo horário de combustível demandado por um trator tracionando um arado de discos e uma grade de discos aradora nas condições de solo do

Norte de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, localizado na cidade de Montes Claros – MG.

A área utilizada foi sob um pivô central com um Cambissolo Franco-Argiloso apresentando umidade média de 15%.

Foi utilizado um trator agrícola, marca Massey Ferguson, modelo MF 291, 4x2 com tração dianteira auxiliar, potência máxima no motor de 73,6 kW (100 cv) a 2200 rpm devidamente lastrado para trabalhar em condições normais de aração e de gradagem sob rotação de 1900 rpm. Foi realizada uma avaliação prévia na seleção das marchas utilizadas para que as velocidades de aração e gradagem ficassem dentro do intervalo adequado às operações. desta forma, utilizou-se a 3ª B Reduzida, 3ª A Reduzida e 1ª A Simples, correspondentes às velocidades em campo de 5,0; 6,0 e 8,0 km h⁻¹ respectivamente.

Utilizou-se uma grade de discos aradora “offset” marca Baldan com 14 discos totais, com discos de 26 polegadas e um arado de 3 discos da marca Marchesan modelo AR com discos de 28 polegadas. Determinou-se, então, o consumo horário de combustível do trator para realizar a operação de aração e gradagem numa parcela de 30 m de comprimento.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas, como tratamento principal, tem-se os implementos (arado e grade) e nas sub-parcelas como tratamento secundário as combinações de velocidade de deslocamento e regulagem de profundidade da seguinte forma: combinação V1P1 = 5,0 e 0,10; V1P2 = 5,0 e 0,20; V2P1 = 6,0 e 0,10; V2P2 = 6,0 e 0,20; V3P1 = 8,0 e 0,10; V3P2 = 8,0 km h⁻¹ e 0,20 m. Os resultados foram submetidos à análise de variância e os contrastes entre as médias que diferiram entre si, pelo teste F, foram comparados pelo Teste de

Tukey em nível de 5% de significância.

As velocidades foram determinadas dividindo o espaço percorrido pelo tempo gasto para preparar cada parcela. Para obter as profundidades, foram feitas modificações nas regulagens dos implementos para se chegar o mais próximo do valor pré-definido, visto que esta variável varia também com a capacidade de penetração do implemento em cada tipo de solo.

Para medição do consumo horário de combustível, foram utilizados dois sensores de fluxo da marca Flowmate Oval modelo M-III LSF41L0-M2, vazão mínima e máxima de 1,0 e 100,0 L h⁻¹, respectivamente, precisão de ± 1%, alimentação de 12 a 24 VDC e geração de sinal de 1 mL por pulso.

Um dos sensores foi colocado na linha de alimentação de combustível do trator antes do filtro de combustível, já que o retorno do trator era direcionado para o filtro, para evitar que o mesmo passasse pelo sensor duas vezes. O outro sensor foi colocado na linha de retorno do combustível para o tanque, conforme Figura 1. O valor de consumo horário de combustível foi determinado pela diferença de valores entre o sensor de alimentação e o sensor de retorno, relativo ao valor realmente demandado pelo trator.

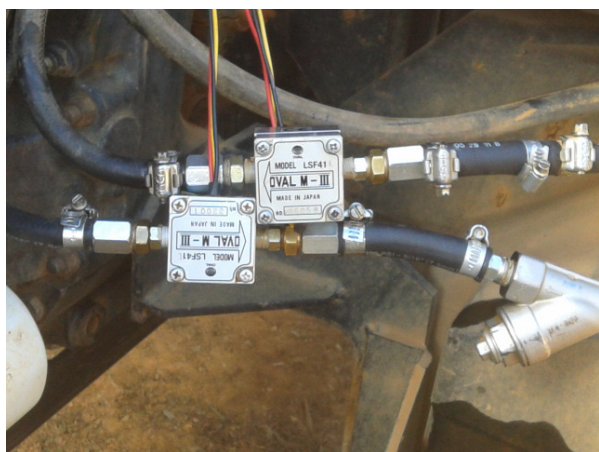


Figura 1. Sensores medidores de Fluxo colocados na linha de alimentação do trator e na linha de retorno.

Os sinais emitidos pelos dois sensores foram enviados para um sistema de aquisição de dados

da *Campbell Scientific, Inc.* modelo CR3000 – 4M *micrologger*[®] (Fig. 2). Os dados foram descarregados em um programa específico (PC400) fornecido pelo fabricante do *micrologger* em microcomputador.



Figura 2. Sistema de aquisição de dados.

Para a alimentação do *micrologger* foi utilizada a própria bateria do trator de 12 VDC que permitiu o funcionamento do equipamento sem queda de carga.

Os pulsos gerados pelos sensores e armazenados pelo *micrologger* foram transformados em volume conforme a vazão de 1 mL por pulso.

O consumo horário foi determinado conforme a Eq. 1):

$$Ch = \frac{NP \times 3,6}{t} \quad (1)$$

em que,

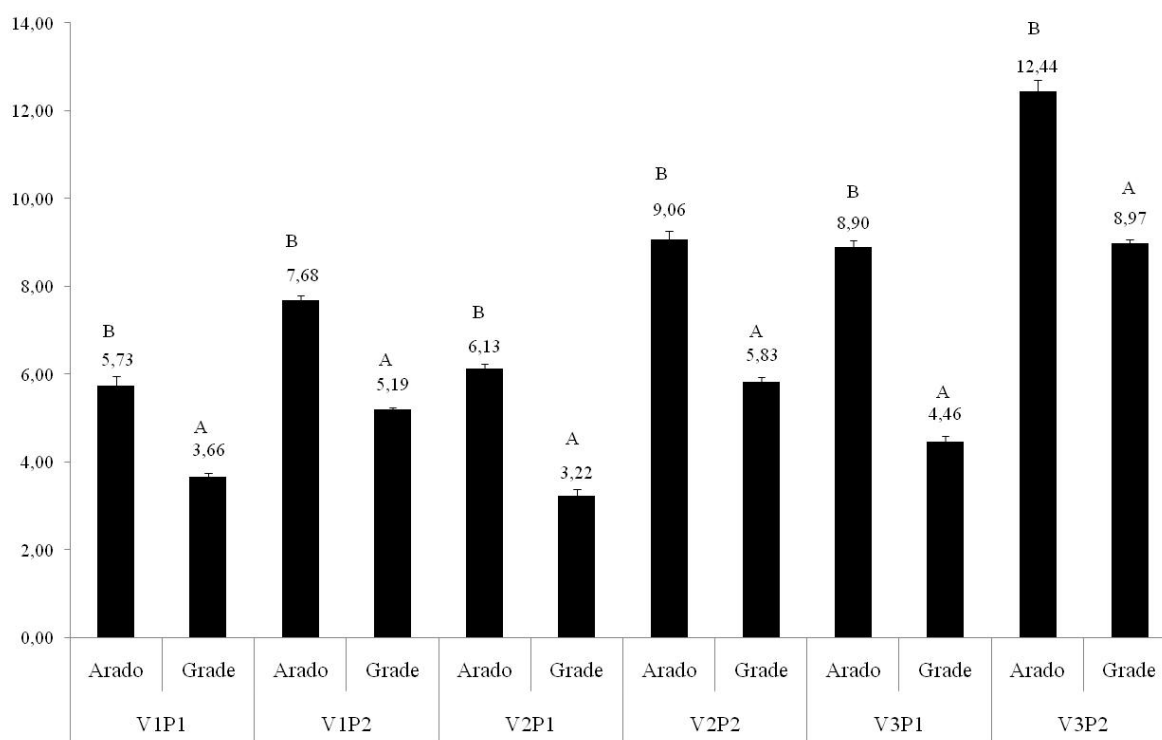
Ch = consumo horário de combustível (L h⁻¹);
 NP - número de pulsos; e
 t - tempo de percurso (s)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 está apresentada a síntese dos resultados de consumo horário de combustível nos diferentes implementos para as combinações de velocidade e profundidade. A análise de variância

Quadro 1. Síntese dos resultados de consumo horário de combustível nos diferentes implementos para as combinações de velocidade e profundidade

Implemento	Velocidade/ Profundidade	Média	Min	Máx	Desvio Padrão	CV%
Arado	V1P1	5,73	4,60	6,50	0,87	15,12
	V1P2	7,68	7,00	8,00	0,46	6,05
	V2P1	6,13	5,60	6,70	0,46	7,47
	V2P2	9,06	7,92	9,60	0,78	8,63
	V3P1	8,90	8,20	9,40	0,56	6,29
	V3P2	12,44	11,00	13,44	1,04	8,36
Grade	V1P1	3,66	3,30	4,00	0,29	7,99
	V1P2	5,19	4,95	5,50	0,23	4,48
	V2P1	3,22	2,52	4,00	0,61	18,80
	V2P2	5,83	5,40	6,40	0,42	7,14
	V3P1	4,46	4,10	5,20	0,51	11,40
	V3P2	8,97	8,64	9,26	0,33	3,66

**Figura 3.** Desdobramento dos implementos na combinação velocidade/profundidade.

revelou que a interação dos fatores implemento e velocidade/profundidade era significativa (p – value = 0,0165), portanto procedeu-se a análise da interação.

Na Figura 3 podem-se observar os resultados do desdobramento dos implementos na combinação velocidade/profundidade.

Pode-se observar que dentro de cada combinação

velocidade/profundidade houveram diferenças estatísticas entre os dois implementos avaliados, sendo que em todas as situações o menor consumo foi observado para a grade. Observa-se também um menor consumo médio de combustível para as menores velocidades e profundidades.

O solo onde foi realizado o experimento se encontrava bastante seco e duro, com difícil penetração e umidade média de 15%, o que fez com que a grade tivesse maior dificuldade de penetração naquele solo, podendo este fato, ter feito com que a mesma demandasse menor consumo de combustível.

Na Figura 4 podem-se observar os resultados do desdobramento de velocidade/profundidade para cada implemento.

Observa-se, ao analisar a Figura 4, que, em geral, a grade gerou o menor consumo médio de combustível, como observado na Figura 3. Para o arado, as combinações V1P1 e V2P1, ou seja, 5,0/0,10 e 6,0/0,10 geraram o menor consumo

médio e estas foram estatisticamente diferente das demais combinações. As combinações V2P2 e V3P1 não diferiram e a combinação que gerou o maior consumo médio foi a V3P2. Para a grade, também como observado para o arado, as combinações V1P1 e V2P1 geraram o menor consumo médio e não diferiram entre si, mas diferiram das demais combinações. A combinação que gerou o maior consumo médio também foi a V3P2.

Pode-se observar, tanto para o arado quanto para a grade, um aumento do consumo horário de combustível com o incremento da profundidade e da velocidade. Resultados semelhantes foram encontrados por Gabriel Filho *et al.* (2010), em que o consumo horário de combustível diminuiu com a diminuição da velocidade de deslocamento. Os resultados foram corroborados ainda por Compagnon *et al.* (2013), que também concluíram que o consumo horário de combustível aumentou com o aumento da profundidade.

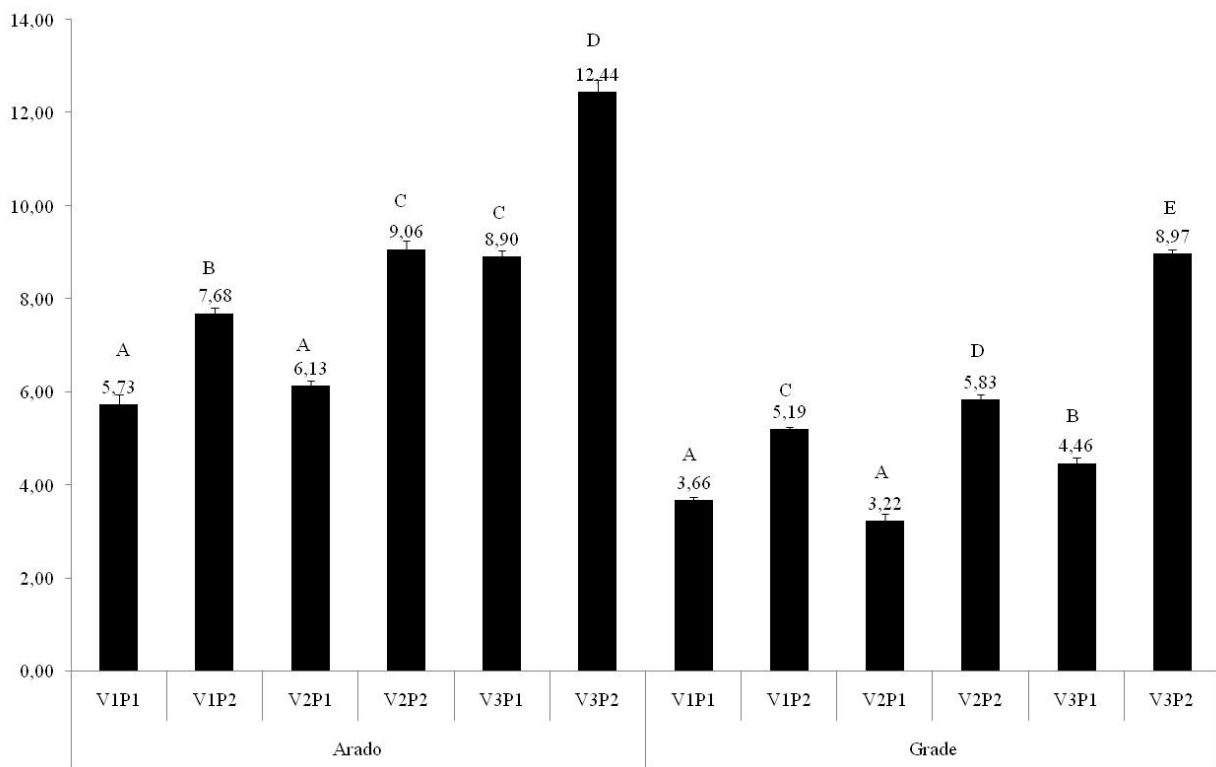


Figura 4. Desdobramento de velocidade/profundidade na combinação implementos.

CONCLUSÕES

- A grade demandou menor consumo de combustível que o arado de discos;
- A menor velocidade de deslocamento e menor profundidade proporcionaram ao trator menor consumo de combustível ao trabalhar tanto com o arado como também com a grade;
- É possível uma diminuição significativa no consumo horário de combustível demandado por um trator apenas com a diminuição da velocidade e da profundidade de trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Pró-Reitoria de Pesquisa da UFMG (PRPq), ao Instituto de Ciências Agrárias da UFMG e à Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMPAGNON, A.M.; FURLANI, C.E.A.; OSHIRO, K.A.; SILVA, R.P.; CASSIA, M.T. Desempenho de um conjunto trator-escarificador em dois teores de água do solo e duas profundidades

de trabalho. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.21, n.1, 2013.

GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS, K.P.; LEITE, F.; ACOSTA, J.J.B.; JESUINO, P.R. Desempenho de um trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.3, 2010.

MONTANHA, G.K.; GUERRA, S.P.S.; SANCHEZ, P.A.; CAMPOS, F.H.; LANÇAS, K.P. Consumo de combustível de um trator agrícola no preparo do solo para a cultura do algodão irrigado em função da pressão de inflação nos pneus. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.26, n.1, 2011.

SALVADOR, N.; MION, R.L.; BENEZ, S.H. Consumo de combustível em diferentes sistemas de preparo periódico realizados antes e depois da operação de subsolagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.3, 2009

SEKI, A.S.; BENEZ, S.H. Demanda energética no processo de ensilagem de milho (*Zea mays* L.) no sistema "Silo Bag". **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.23, n.3, 2008.