

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO NO PROCESSO DE ESCARIFICAÇÃO EM FUNÇÃO DA LASTRAGEM NO PNEU E PROFUNDIDADE DE TRABALHO

**CARLOS ALESSADRO CHODEROLI¹, CLICE DE ARAÚJO MENDONÇA²,
MARCELO QUEIROZ AMORIM², PAULO RICARDO A. DOS SANTOS³, MARA
ALICE MACIEL P. DOS SANTOS³**

¹ Professor Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, DENA/UFC, ca.chioderoli@ufc.br

² Mestrandos em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia Agrícola (DENA/ UFC).

³ Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia Agrícola (DENA/ UFC).

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: A escarificação ou subsolagem são técnicas recomendadas para a descompactação do solo, rompendo camadas na superfície ou em maior profundidade. Entre os fatores que podem influenciar o desempenho de conjunto trator escarificador, destacam-se a profundidade de trabalho e lastragem líquida dos pneus do trator. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho operacional e energético do conjunto trator - escarificador, trabalhando em três profundidades e duas lastragens. O trabalho foi desenvolvido na área experimental de mecanização pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola na Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 3, com 4 repetições, sendo duas lastragens líquidas (0 e 75% de água nos pneus dianteiro e traseiro) e três profundidades de trabalho (0,15; 0,30 e 0,40 m). Os parâmetros avaliados foram velocidade de deslocamento, área mobilizada e de elevação, empolamento, força e potência na barra de tração. A maior profundidade de trabalho propiciou maior área de solo mobilizada, maior área de elevação e menor empolamento. A lastragem com 75% de água associada a menor profundidade de trabalho proporcionou menor exigência de força e potência na barra de tração.

PALAVRAS-CHAVE: Escarificador, Empolamento, Descompactação.

OPERATING AND ENERGETIC PERFORMANCE IN THE SCARIFICATION PROCESS DEPENDING ON THE TIRE BALLASTING AND WORKING DEPTHS

ABSTRACT: Scarification or subsoiling are recommended techniques for soil unpacking, breaking the surface layers or in deeper. Among the factors that can influence the performance of tractor-scarifier, stand out from the depth of work and net ballasting the tractor tires. The objective of this study was to evaluate the operational and energetic performance of the set tractor-scarifier, working at three depths under two ballasting. The study was conducted in the experimental area of mechanization of the Department of Agricultural Engineering at the Federal University of Ceará in Fortaleza. The experimental design was of randomized blocks in a factorial scheme 2 x 3, with four replications, with two liquid ballasting (0 and 75% water) and three working depths (0.15; 0.30 and 0.40 m). The parameters evaluated were travel speed, mobilized and lifting area, blistering, strength and power in the drawbar. The greater depth of work provided greater soil mobilized area, Lifting of larger area and lower blistering. The ballasting with 75% of water associated with a lower depth work provided less demanding strength and power in the drawbar.

KEYWORDS: Scarifier, Blistering, Unpacking.

INTRODUÇÃO

A escarificação ou subsolagem são técnicas recomendadas para a descompactação do solo, rompendo camadas na superfície ou em maior profundidade. No entanto, o processo de descompactação do solo ou rompimento de camadas compactadas é uma operação com elevada demanda energética e de baixo desempenho operacional, sendo necessário mais estudos sobre o assunto.

De acordo com Russini (2012), avaliar o desempenho energético e operacional de conjuntos mecanizados, é uma tarefa bastante complexa, devido às inúmeras variáveis que devem ser analisadas dentro de uma área de influência bastante ampla. Neste contexto, a profundidade de trabalho e lastragem a ser utilizada são fatores que podem influenciar diretamente no desempenho operacional e energético do conjunto.

Para se avaliar o desempenho operacional e energético de escarificadores, podem ser utilizados parâmetros como profundidade e largura de trabalho, velocidade de deslocamento, consumo de combustível, força de tração e patinamento (SASAKI & GONÇALVES, 2005).

Compagnon et al. (2013), ao avaliarem o desempenho do conjunto trator- escarificador em duas profundidades, concluíram que quanto maior a profundidade de trabalho, maior o aumento do consumo horário e operacional de combustível, força de tração, potência na barra e patinamento dos rodados dianteiros do trator.

O escarificador é um implemento que prepara o solo sem revolvê-lo. Possui hastes que trabalham em profundidades maiores que outros implementos, com demanda de 40 a 50% e 30 a 40% menos força de tração para uma mesma largura de trabalho e volume de solo mobilizado, respectivamente, em relação a um arado (ORTIZ, 1995).

Segundo Daniel e Marette (1990), dois são os fenômenos decorrentes da operação de preparo: o deslocamento vertical do perfil do solo, e a sua área mobilizada, sendo obrigatório o levantamento de três perfis: o perfil da superfície natural, da superfície final e o perfil interno do solo mobilizado. O perfil da superfície final é obtido com o perfilômetro colocado no mesmo local que se encontrava para avaliação do perfil de superfície natural, enquanto que o perfil interno do solo mobilizado, perfil de subsuperfície, é obtido após a retirada do solo mobilizado pelo equipamento, no mesmo local que os perfis anteriores. A avaliação das áreas entre os perfis pode ser determinada por meio de gráficos plotados.

A relação da área de elevação e a área mobilizada são representadas pelo empolamento do solo, resultantes da mobilização efetuada pelos equipamentos de preparo de solo. Quanto maior o empolamento, menor é a relação entre a área mobilizada de fundo com a de superfície, sendo de grande importância para adequar o tipo de preparo e equipamento a ser utilizado (GAMERO; SILVA 1993).

Carvalho Filho et al., (2008), avaliando a mobilização de um Latossolo vermelho, verificaram que o escarificador proporcionou menor mobilização do solo quando comparado ao arado de aivecas. No entanto, Mazurana et al., (2011) observaram que a mobilização promovida pela escarificação reduz a densidade do solo, a resistência mecânica a penetração e aumenta a infiltração de água.

A compactação do solo provoca redução na porosidade do solo, afetando o desenvolvimento do sistema radicular das plantas e segundo Bellé et al., (2014), também exerce grande influência sobre o desempenho das máquinas e dos implementos. Para Drescher et al., (2011), a compactação nas áreas agrícolas interfere diretamente neste desempenho promovendo uma ampliação na demanda de tração.

Partindo da hipótese de que a quantidade de lastragem líquida afetará o desempenho operacional e energético nas profundidades de trabalho, objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho operacional e energético do conjunto trator - escarificador, trabalhando em três profundidades e duas lastragens.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em área experimental do Núcleo Integrado de Mecanização e Projetos Agrícolas – NIMPA, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC Campus do Pici), localizado nas coordenadas geodésicas: latitude 3°44'S, longitude 38°34'W e altitude de 19,5 m. Conforme a classificação de Köppen (1923), o clima da região do estudo é definido como Aw', que indica tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono e temperatura média em todos os meses superiores a 18°C. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-amarelo, de classe textural franco arenoso, com aproximadamente 82,90% de areia, 10,60% de argila e 6,40% de silte.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 3, com 4 repetições, sendo duas lastragens líquidas (L1 - 0 e L2 - 75% de água nos pneus dianteiro e traseiro) e três profundidades de trabalho (P1 - 0,15; P2 - 0,30 e P3 - 0,40 m), totalizando 24 unidades experimentais.

Na operação de escarificação foi utilizado o escarificador Marchesan, modelo AST/MATIC 450, configurado com cinco hastes espaçadas de 0,4 m, ponteira estreita de 0,08 m, rolo destorroador, sistema de segurança de desarme automático, com massa total de 1560 kg. O controle da profundidade de trabalho foi realizado por meio dos pneus do escarificador, com o auxílio de anéis presos ao pistão hidráulico.

O escarificador foi tracionado pelo trator BM120 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar), de 88,26 kW (120 cv) no motor na rotação de 2000 rpm, com a tração dianteira ligada, equipado com pneus diagonais, eixo dianteiro com pneus 14.9-24 R1 e traseiro 18.4-34 R1, com pressão de inflação de 12 e 16 psi (82,8 e 110,4 kPa), respectivamente conforme recomendação do fabricante. A relação peso potência de acordo com o tratamento lastragem líquida foi de 52 e 58 Kg. CV⁻¹ respectivamente, totalizando 62400 e 69600 N. Com distribuição de 35% no eixo dianteiro e 75% no eixo traseiro.

A velocidade de deslocamento foi determinada dividindo-se o comprimento da parcela pelo tempo, cronometrado por um cronômetro digital, acionado e desligado de acordo com a passagem do rodado dianteiro do trator lateralmente as estacas que delimitavam as parcelas.

Para determinar a área mobilizada de solo, foi utilizado um perfilômetro de madeira com 3 m de largura e 1 m de altura com base vertical para fixação de papel milimetrado, sendo realizado o levantamento do perfil da superfície natural, de fundo e de elevação do solo em cada repetição do tratamento. O levantamento foi realizado três vezes, a primeira foi efetuada antes da passagem do escarificador, a segunda e terceira após sua passagem no mesmo local, obtendo-se a forma geométrica do sulco. Os perfis do solo foram marcados em folhas A2 de papel milimetrado com o uso de canetas traçando-se uma linha entre as extremidades dos pontos coletados em cada folha os quais forneceram o perfil natural do solo, área de elevação e mobilizada. Após a obtenção dos dados dos perfis, estes foram tabulados, plotados e calculados no programa "Microsoft Excel", obtendo-se, assim, a área mobilizada e a área de elevação em cada parcela. Por meio da Equação 1, foi determinado o empolamento do solo.

$$Emp = AE/AM \times 100 \quad (1)$$

em que,

E = Empolamento (%)

AE = área de elevação (m²)

AM = área mobilizada (m²).

Para determinar o requerimento de força na barra de tração, foi utilizada célula de carga marca HBM. Para a coleta dos dados da célula de carga foi utilizado o sistema de aquisição de dados HBM modelo Quantum XMX804A com capacidade de monitorar e

registrar informações a uma frequência de 19.200 Hz. Com os valores obtidos, a força média na barra de tração foi determinada pela Equação 2. A potência média na barra de tração foi calculada em função da força de tração média e da velocidade real de deslocamento do conjunto.

$$F = (\sum Fi / \sum n) * 0,0098 \quad (2)$$

em que,

F = Força média na barra tração, kN;

Fi = Força de tração instantânea, kgf;

n = Número de dados registrados;

0,0098 = Fator de adequação.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade por meio dos coeficientes de simetria e curtose segundo Mesquita et al. (2003). Após verificação da normalidade dos dados realizou-se a análise de variância e quando significativo aplicado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade para comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a área mobilizada pode-se observar na Tabela 1 que não existe diferença significativa entre as médias ($p > 0,05$) para as lastragens utilizadas, resultado que pode ser atribuído a transferência mínima de peso do trator para o escarificador acoplado na barra de tração, por meio do qual, a adição de lastragem líquida nos rodados do trator pouco interfere na penetração das hastes no solo.

TABELA 1. Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para as variáveis de Velocidade (V), área mobilizada (AM), área de elevação (AE), empolamento do solo (E), força (F) e potência (P) em função de duas lastragem líquida e três profundidades da haste sulcadora.

Summary of analysis of variance values and the mean test for variable speed (V), mobilized area (AM), lifting area (AE), soil swelling (E), force (F) and power (P) according to two liquid ballasting and three depths of the shank.

Causas de Variação		V (km h ⁻¹)	AM (m ²)	AE (m ²)	E (%)	F (kN)	P (kw)
Lastragem (L)	L1	3,99	0,33	0,04 b	15,84 b	19,107	19,977
	L2	4,39	0,34	0,07 a	22,36 a	20,649	23,794
Profundidade (P)	P1	4,78	0,23 c	0,04 b	19,92	11,802	15,693
	P2	4,64	0,32 b	0,06 ab	19,09	18,578	23,965
	P3	3,15	0,46 a	0,08 a	18,29	29,255	25,999
Valor de F	L	28,32**	0,38 ^{NS}	8,23 *	4,69*	3,48 ^{NS}	13,37**
	P	191,0**	35,04**	5,54*	0,09 ^{NS}	151,20**	36,45**
	L*P	5,06*	0,32 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,21 ^{NS}	7,0 **	12,00**
DMS	L	0,158	0,04	0,01	6,39	17,34	22,22
	P	0,235	0,07	0,02	9,55	25,82	33,18
CV (%)		4,40	16,60	35,84	38,53	9,62	11,68

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{NS} - não significativo ($p > 0,05$). L1- lastragem 1 (0% de água); L2- lastragem 2 (75% de água); P1- profundidade 1 (0,15 m); P2- profundidade 2; (0,30 m) P3- profundidade 3 (0,40 m). CV- coeficiente de variação. DMS- diferença mínima significativa.

Para a profundidade das hastes o resultado foi significativo com maior valor médio na profundidade de 0,40 m, resultado atribuído a regulação de maior profundidade, mobilizando maior quantidade de solo. Os valores obtidos para área mobilizada de solo ficaram próximos dos valores encontrado por Santos et al. (2014), avaliando a mobilização do solo, velocidade de infiltração de água e taxa de cobertura do solo na grama esmeralda, sob manejos mecanizados com escarificador.

A área de elevação apresentou resultado significativo ($p < 0,05$) com diferença entre as médias para os dois fatores, lastragem e profundidade. A L2 foi a que propiciou maior área de elevação, resultado que pode estar relacionado a maior velocidade desenvolvida nesse mesmo tratamento. A profundidade com maior área de elevação foi a de 0,40 m, o que pode ser associado a maior área de solo mobilizada.

Para o empolamento do solo verificou-se resultado significativo apenas para lastragem com maior valor médio de 22,36 m² para L2. Resultado que pode está relacionado com a maior velocidade desenvolvida na lastragem de 75% de água, e ainda pela maior área de elevação mantendo o mesmo volume de solo mobilizado. Rosa et al. (2011) avaliando o efeito da compactação e deformação abaixo da atuação da ponteira do subsolador, não verificou diferença para área de elevação em profundidades de 0,23 e 0,15 m, no entanto verificaram maior empolamento na profundidade de 0,15 m, associando este resultado a ocorrência de camadas compactadas.

Para as variáveis velocidade de deslocamento, força e potência na barra de tração pode-se observar na Tabela 1 que ocorreu interação significativa, sendo os desdobramentos apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4.

No desdobramento da lastragem dentro das profundidades, para a variável velocidade de deslocamento (Tabela 2), verifica-se que houve diferença significativa apenas na P3, que na lastragem 2 (75% de lastragem líquida no pneu) proporcionou maior velocidade de deslocamento, esse resultado pode ser associado ao fato da maior carga proporcionar maior área de contato do rodado com o solo, possivelmente aumentando o coeficiente de tração, diminuindo o patinamento e favorecendo maior velocidade. Compagnon et al. (2013), avaliando o desempenho energético e operacional do trator da marca Valtra, modelo BM 125i, 4 x 2 TDA, tracionando o escarificador Marchesan, modelo AST/MATIC 450, com massa total de 1400 kg, não verificaram diferença significativa na velocidade de trabalho com 26,2 e 21,9% de lastragem líquida.

Tabela 2. Desdobramentos da interação significativa entre os fatores, lastragem e profundidade da haste para a variável velocidade.

Developments of significant interaction between the factors, ballasting and stem depth to the variable speed.

Causa de variação		Profundidade (P)		
		P1	P2	P3
Lastragem (L)	L1	4,66 aA	4,53 aA	2,78 aB
	L2	4,90 aA	4,76 aA	3,52 bB

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Legenda: L1- lastragem 1 (0% de água); L2- lastragem 2 (75% de água); P1- profundidade 1 (0,15 m); P2- profundidade 2; (0,30 m) P3- profundidade 3 (0,40 m).

No desdobramento das profundidades dentro das lastragens, observa-se que houve diferença significativa na maior profundidade (P3) dentro das duas lastragens, obtendo-se menores valores de velocidades de deslocamento, esse resultado pode ser associado a maior exigência de força para tracionar o implemento. Gamero (2008) ao avaliar o desempenho de um conjunto trator – subsolador, trabalhando em Nitossolo Vermelho Distroférico em diferentes profundidades e escalonamentos de marchas, também observou menor velocidade

de deslocamento quando trabalhou na maior profundidade, o autor associou o resultado ao maior patinamento do trator ao trabalhar em maior profundidade.

Para o desdobramento das lastragens dentro das profundidades Tabela 3, pode-se verificar para a força na barra de tração que apenas na profundidade P3 (0,40 m), as médias diferiram entre si, com maior valor na lastragem 2 (75% de lastragem líquida no pneu). Resultado que pode ser atribuído a maior relação peso potência, associados a maior resistência para rompimento das estruturas do solo devido a maior profundidade. Compagnon et al. (2013), avaliando o desempenho energético e operacional do trator Valtra, modelo BM 125i, 4 x 2 TDA, tracionando o escarificador Marchesan, modelo AST/MATIC 450, com massa total de 1400 kg, em latossolo vermelho eutroférico típico, não verificaram diferença significativa para a força com 26,2 e 21,9% de lastragem líquida.

Tabela 3- Desdobramentos da interação significativa entre os fatores, lastragem e profundidade da haste para a variável força (kN).

Developments of significant interaction between the factors , ballasting and depth of the shaft to the variable force (kN).

Causa de variação		Profundidade (P)		
		P1	P2	P3
Lastragem (L)	L1	11,28aC	19,56 aB	26,46 bA
	L2	12,31aC	17,59 aB	32,04 aA

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Legenda: L1- lastragem 1 (0% de água); L2- lastragem 2 (75% de água); P1- profundidade 1 (0,15 m); P2- profundidade 2; (0,30 m) P3- profundidade 3 (0,40 m).

No desdobramento das profundidades em cada lastragem, observa-se que para as lastragens L1 e L2 foi obtido maiores valores de força na profundidade (P3). Resultado que pode estar associado a maior exigência de força e potência para romper as estruturas do solo por trabalhar em maiores profundidades. Rosa et al. (2011) trabalhando com um subsolador em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, também verificaram maior exigência de força nas maiores profundidades

Verificando o desdobramento das lastragens em cada profundidade Tabela 4, a maior potência com diferença entre as médias foi observada na profundidade de 0,40 m para a L2. Resultado que pode ser atribuído a maior área de contato entre os pneus e solo devido sua deformação ao adicionar lastragem líquida e maior relação peso potência. Monteiro et al. 2013 ao realizarem avaliação do trator 4x2 TDA, observaram maiores valores de demanda de potência quando aumentaram a lastragem líquida.

Tabela 4 - Desdobramentos da interação significativa entre os fatores, lastragem e profundidade da haste para a variável potencia (kw).

Developments of significant interaction between the factors, ballasting and stem depth to the variable power (kw).

Causa de variação		Profundidade (P)		
		P1	P2	P3
Lastragem (L)	L1	14,65 aB	24,66 aA	20,61 bA
	L2	16,73 aC	23,26 aB	31,38 aA

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Legenda: L1- lastragem 1 (0% de água); L2- lastragem 2 (75% de água); P1- profundidade 1 (0,15 m); P2- profundidade 2; (0,30 m) P3- profundidade 3 (0,40 m).

Verificando o comportamento da potência em relação a profundidade para cada lastragem avaliada, com a L1 foi obtido maiores valores de potência nas maiores

profundidades (P2 e P3). Na lastragem com 75% de água maior valor de potência foi encontrado na maior profundidade. Os maiores valores de potência observados nas maiores profundidades podem estar associados a maior exigência para romper as estruturas do solo em maiores profundidades.

Lopes et al. (2005) ao avaliarem o desempenho do trator agrícola 4x2 TDA de 121 cv, tracionando o escarificador equipado com rolo destorroador e discos de corte, sete hastes e ponteiros sem asa com 7cm de largura trabalhando a 30 cm de profundidade média, em Latossolo Vermelho eutroférico, também verificaram maiores valores de potência quando utilizaram maior lastragem líquida.

CONCLUSÕES

A maior profundidade de trabalho propiciou maior área de solo mobilizada, maior área de elevação e menor empolamento.

A lastragem com 75% de água associada a menor profundidade de trabalho proporcionou menor exigência de força e potência na barra de tração.

REFERÊNCIAS

BELLÉ, M. P.; ALONÇO, A. S.; FRANCETTO, T. R.; ROSSATO, F. P.; FRANCK, C. J.; CARPES, D. P. Demanda energética e mobilização do solo com o uso de escarificadores em sistemas de semeadura direta. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.18, n.5, p.551-558, 2014.

CARVALHO FILHO, A.; BONACIM, J. L. G.; CORTEZ, J. W.; CARVALHO, L. C. C. Mobilização de um latossolo vermelho acriférico em função de sistemas de preparo do solo. Biosci. J., Uberlândia, v.24, n.3, p. 1-7, 2008.

COMPAGNON, A. M.; FURLANI, C. E. A.; OSHIRO, K. A.; SILVA, R. P.; CASSIA, M.T.; 2013. Desempenho de um conjunto trator-escarificador em dois teores de água do solo e duas profundidades de trabalho. Engenharia na Agricultura 21: 52-58.

DANIEL, L. A.; MARETTI, H. J. Avaliação de camada de solo compactado e análise de crescimento de plantas. In: SILVEIRA, G. M. IV Ciclo de estudos sobre mecanização agrícola. Campinas: Fundação Cargill, 1990. p. 22-38.

DRESCHER, M. S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p.1713-1722, 2011.

GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS, K. P.; GUERRA, S. P.; PAULA, C. A.; MONTEIRO, L. A. Umeb - unidade móvel para ensaio da barra de tração. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.28, n.4, p.782-789, 2008.

GAMERO, C. A.; 2008. Desempenho operacional de um subsolador de hastes com curvatura lateral (“paraplow”), em função de diferentes velocidades de deslocamento e profundidades de trabalho. Dissertação de mestrado. Fac. de Ciências Agrônômicas da Unesp. Botucatu, Brasil.

GAMERO, C. A., SILVA, J. G. Efeitos de ordens de gradagem e de sistemas de aração na camada mobilizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, Ilhéus, 1993. Anais... Ilhéus: CEPLAC/SBEA, 1993, p. 1536-1553.

KÖPPEN, W. Die klimare der Erde. Berlin: Guyter, 1923, 369 p.

LOPES, A.; LANÇAS, K. P.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; NAGAOKA, A. K.; REIS, G. N.; 2005. Desempenho de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. *Ciência Rural* 35: 366-370.

MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MÜLLER, J.; CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: Alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.1197-1206, 2011.

MESQUITA MGBF, MORAES O, CORRENTE JE, 2003. Caracterização estatística de variáveis físicas dosolo. *Acta Scientiarum. Agronomy* 25: 35-44.

MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D.; SOUZA, F. H.; MELO, P. R.; TRIGUEIRO, D.; SILVA, G. J.; MOTA, W. A.; 2013. Avaliação energética de um trator 4x2 tda equipado com rodados pneumáticos em função da lastragem com água. *Revista Varia Scientia Agrárias* 3: 43-50.

ORTIZ-CAÑAVATE, J. Las maquinas agrícolas y su aplicación. 5.ed. Madrid, Mundi-Prensa, 1995. 465p.

ROSA, D. P.; REICHERT, J. M.; MENTGES, M. I.; BARROS, C. A. P.; REINERT, D. J. VIEIRA, D. A. Cultivo mínimo: Efeito da compactação e deformação abaixo da atuação da ponteira do subsolador. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.11, p.1199–1205, 2011.

RUSSINI, A. 2012. Estimativa do desempenho de tratores agrícolas em campo e pista a partir do ensaio dinamométrico. *Doctoralthesis. Univ. Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.*

SANTOS A. J. M.; BÔAS, R. L. V.; BACKES, C.; GODOY, L. J. V.; BARDIVIESSO, D. M. 2014. Mobilização do solo, velocidade de infiltração de água e taxa de cobertura do solo na grama esmeralda, sob manejos mecanizados. *Energia na Agricultura* 29: 197-204.

SASAKI, C. M.; GONÇALVES, J. L. M.; Desempenho operacional de um subsolador em função da estrutura, do teor de argila e de água em três latossolos. *Scientia Forestalis, Piracicaba*, n.69, p.115-124, 2005.