

Demanda energética solicitada por uma semeadora-adubadora de precisão com diferentes unidades de semeadura

Alcir José Modolo^{1*}, Suedêmio de Lima Silva², Antonio Gabriel Filho², João Cleber Modernel da Silveira² e Estor Gnoatto³

¹Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Av. Joaquim Lopes de Faria no. 648 aptº 201, Bairro Santo Antonio, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ²Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil. ³Cefet, Medianeira, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: alcir@vicosa.ufv.br

RESUMO. Este trabalho teve como objetivo avaliar a demanda energética solicitada por uma semeadora-adubadora variando o número de linhas de semeadura. O experimento foi conduzido no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola, pertencente à Unioeste – Câmpus de Cascavel, Estado do Paraná, em um Latossolo Vermelho distroférico. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso composto por cinco tratamentos e quatro repetições. Foram utilizados os seguintes tratamentos: semeadora equipada com uma, duas, três, quatro e cinco linhas de semeadura, deslocadas a uma velocidade média de 5,5 km h⁻¹. Avaliaram-se os parâmetros da patinagem do rodado motriz, da profundidade do sulco, do consumo de combustível, da força de tração média, da força de tração por profundidade, da força de tração máxima, da potência média e da potência máxima. Com o aumento do número de linhas de semeadura de uma para cinco, a força de tração média na barra aumentou de 3,72 kN para 8,62 kN, ou seja, houve um acréscimo de 131,9%. A força de tração máxima na barra foi 41,41% superior à força de tração média obtida. O consumo de combustível não foi influenciado pelo número de linhas utilizadas.

Palavras-chave: semeadora-adubadora, força de tração, profundidade do sulco.

ABSTRACT. *Energetic demand requested by a seed-drill with different units of sowing.* The purpose of this work was to evaluate the energetic demand requested by a seeder-drill varying the number of sowing lines. The experiment was carried out in the Experimental Nucleus of Agricultural Engineering, of Unioeste, Campus of Cascavel, state of Paraná, in Red Latosol Haplortox. A randomized block design was used in five treatments and four repetitions. The following treatments were used: seeder equipped with one, two, three, four and five sowing lines, which were moved in an average speed of 5.5 km h⁻¹. The wheeled motive skating parameters, furrow depth, fuel consumption, average traction force, traction force for depth, maximum traction force, medium potency and maximum potency were evaluated. With the increase of the number of sowing lines of one to five, the average traction force in the bar increased from 3.72 to 8.62 kN. In other words, there was an increment of 131.9%. The maximum traction force in the bar was 41.41% higher than the obtained average traction force. The fuel consumption was not influenced by the number of used lines.

Key words: seeder-drill, traction force, depth of the furrow.

Introdução

Com a necessidade cada vez maior de produção de alimentos, vários sistemas de produção agrícola vêm sendo desenvolvidos pelo homem. Entretanto, observa-se que alguns desses sistemas vêm esgotando e empobrecendo os solos, pois estão sendo usados de maneira inadequada. Por essa razão estimula-se o uso de sistemas e práticas para a

conservação do solo. Nessa realidade estão enquadradas as semeadoras, especialmente quando se refere a técnica de semeadura direta. Oliveira *et al.* (2000) relatam que houve grande evolução das semeadoras-adubadoras utilizadas nesse sistema, principalmente quanto à sua concepção e utilização, já que as principais mudanças ocorreram nos mecanismos de distribuição de fertilizantes, os quais eram constituídos basicamente por discos duplos,

atualmente substituídos por hastes rompedoras.

Os sulcadores são elementos importantes nas semeadoras-adubadoras de precisão para a semeadura direta, uma vez que a adequação da máquina a uma dada condição operacional, que pode ou não ser regionalizada, é verificada por meio da correta seleção dos sulcadores a serem empregados.

Existem diversos tipos e combinações de sulcadores para sementes e adubos em função do preparo de solo realizado, tipo, quantidade e forma de disposição dos resíduos, ou de plantas de cobertura, tipo de solo, teor de água, grau de compactação da camada superficial, profundidade de semeadura, velocidade e grau de mobilização do leito de semeadura desejado (ASAE, 1996). No Brasil, as opções mais empregadas são os sulcadores de disco triplo, discos duplos de mesmo diâmetro, discos duplos de diâmetros diferentes (defasados) e os do tipo haste.

A melhor haste é aquela que consegue penetrar com facilidade no solo mais endurecido superficialmente, típico do sistema plantio direto, exigindo baixa força de tração e movimentando pouco solo no sulco (Araújo *et al.*, 2001). Segundo esses autores, o desempenho da haste depende de vários fatores, tais como: velocidade de operação, posição em relação aos demais sulcadores da semeadora, condições de solo (densidade, teor de água e resistência à penetração), nível de aderência de solo e características geométricas da própria haste.

Araújo *et al.* (1998) identificaram que na região oeste do Estado do Paraná a compactação superficial dos solos constitui uma forte restrição para a semeadura direta, no qual o uso de sulcadores do tipo haste ou facho tem se generalizado como alternativa para rompê-la. Essas hastes exigem maior esforço de tração e maior consumo de combustível quando comparado ao mecanismo sulcador de discos duplos.

As necessidades de tração dos implementos agrícolas são dependentes de variáveis, como o solo, o próprio implemento e outras. Dentro da variável solo destacam-se: a distribuição do tamanho dos agregados, a textura, o teor de água, a densidade do solo, a estrutura e os efeitos da declividade da vegetação e dos resíduos de culturas anteriores. O implemento pode influir no esforço de tração conforme o tipo de ferramenta usada, as características do metal que está em contato com o solo, a superfície em contato com o solo, a curvatura, a forma e as condições da superfície da ferramenta onde a força é aplicada. Outras variáveis incluem largura e profundidade do sulco e velocidade de deslocamento da máquina (Telischi *et*

al. (1996), citados por Faganello (1989).

A força de tração necessária para a operação de semeadoras de grãos graúdos (semeadora de precisão), na direção horizontal do deslocamento, já incluída a resistência ao rolamento da máquina, com bom leito de semeadura, varia de $900 \text{ N} \pm 25\%$ por linha (somente semeadura) e de $3.400 \text{ N} \pm 35\%$ por linha (semeadura, adubação e herbicida) (ASAE, 1999).

A transferência de força vertical ao rompedor de solo e o controle da profundidade de semeadura são aspectos que estão intimamente correlacionados nos mecanismos atuais (molas helicoidais de tração ou compressão e limitadores) das semeadoras para plantio direto. Com esses mecanismos, uma eficiente transferência de carga aos rompedores de solo e um adequado controle de profundidade de semeadura não são alcançados, pois sua regulagem é manual, permanecendo constante no decorrer do trabalho, sendo necessário um acompanhamento contínuo do operador para verificar se a condição de semeadura estabelecida está sendo atendida (Morrison Jr., 1988).

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento da demanda energética solicitada por uma semeadora-adubadora de precisão com diferentes números de unidades de semeadura. Especificamente, buscou-se determinar as constantes das molas dos mecanismos sulcadores e recobridores de sementes para que as pressões exercidas pelas mesmas fossem iguais em todas as linhas de semeadura, bem como avaliar a profundidade do sulco.

Material e métodos

O experimento foi desenvolvido no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola - NEEA, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus de Cascavel, Estado do Paraná, em um solo classificado pela Embrapa (1999) como sendo Latossolo Vermelho distroférico, com relevo plano e textura argilosa. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso composto por cinco tratamentos e quatro repetições. A área foi subdividida em quatro blocos casualizados, totalizando vinte parcelas experimentais, cada uma com área de $59,5 \text{ m}^2$ ($3,5 \text{ m} \times 17 \text{ m}$), com espaçamento entre parcelas de 10 metros, utilizados para manobra e estabilização do conjunto motomecanizado. Os cinco tratamentos foram compostos por uma, duas, três, quatro e cinco linhas de semeadura, doravante denominados T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente, deslocados a uma velocidade média de $5,5 \text{ km h}^{-1}$.

No tratamento T1 utilizou-se somente a linha central na configuração da máquina. Já os tratamentos T3 e T5 foram compostos por mais uma e duas linhas em cada lado da linha central, respectivamente, enquanto que nos tratamentos T2 e T4 não se utilizou da linha central, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1. Disposição das linhas de semeadura nos diferentes tratamentos.

Utilizou-se um trator marca Ford, modelo 7630 4 x 2, com tração dianteira auxiliar (TDA), potência de 75,8 kW (103 cv) e uma semeadora-adubadora de precisão marca Vence Tudo, modelo SMT 6414 de arrasto, com mecanismos sulcadores do tipo haste sulcadora para fertilizantes e discos duplos defasados para sementes.

Na determinação das constantes das molas, conforme mostra a Figura 2, utilizou-se uma célula de carga marca Transtec, com capacidade para 500 kg, para monitorar a carga aplicada. Para medir o deslocamento "X" da mola, utilizou-se uma roldana com diâmetro conhecido fixado na extremidade do eixo do potenciômetro multivoltas (10 voltas) de 20 K Ω , modelo 7221 da *Beckman Instruments*. Os valores gerados pelos transdutores foram coletados e armazenados no sistema de aquisição de dados computadorizado "micrologger CR23X". Os dados

foram posteriormente transferidos para um computador e processados.

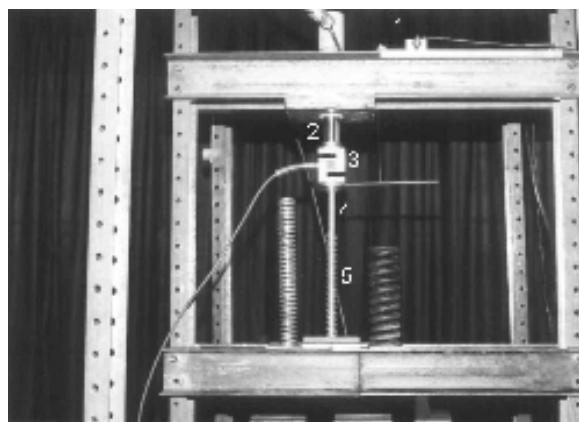


Figura 2. Vista geral dos equipamentos utilizados no ensaio das constantes das molas: (1) potenciômetro, (2) pistão hidráulico, (3) célula de carga, (4) haste guia e (5) mola.

A constante das molas foi determinada com o auxílio da equação 1. A haste guia foi utilizada com a finalidade de evitar a flambagem na mola, quando a carga fosse aplicada. A medida em que a carga era aplicada sobre a mola, a roldana era acionada por meio de um cordão de *nylon* fixado na haste guia, gerando um sinal analógico de tensão proporcional ao deslocamento da mola.

Para que a pressão exercida pelas molas nos mecanismos sulcadores fosse igual em todas as linhas de semeadura, a regulação da semeadora foi realizada de acordo com os valores obtidos para as constantes de cada mola, seguindo a seguinte equação:

$$F = k \cdot X \quad (1)$$

em que:

F = força aplicada na mola (N)

k = constante da mola

X = deformação da mola (cm).

A umidade de semeadura foi determinada utilizando-se o método gravimétrico padrão, e a densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, conforme (Embrapa, 1997). A profundidade do sulco foi determinada em todas as linhas de semeadura, sendo realizada cinco repetições por linha.

Para determinar a patinação do rodado traseiro do trator, utilizaram-se geradores de impulsos da S&E Instrumentos de Testes e Medições, modelo GIDP-60-U-12V, fixados no rodado motriz do trator. Os suportes usados para fixação dos geradores de impulsos são semelhantes aos construídos por Silva (1997).

A patinação foi calculada pela equação 2:

$$Pat = 100 \cdot \frac{\left(\frac{\sum P}{60} \cdot Per \right) - L_p}{\left(\frac{\sum P}{60} \cdot Per \right)} \quad (2)$$

em que:

Pat = patinagem das rodas motrizes (%);

ΣP = total de impulsos armazenados no deslocamento dentro da parcela experimental;

Per = perímetro do rodado do trator (m);

L_p = comprimento da parcela experimental (m).

Para determinar o consumo de combustível, utilizaram-se dois medidores volumétricos marca *Flowmate* M-III, modelo LSN40. Um dos medidores foi instalado na linha de alimentação de combustível antes dos filtros secundários e o outro medidor quantificava o volume de combustível que retornava dos bicos injetores.

Para determinar a força horizontal na barra de tração necessária para tracionar a semeadora, utilizou-se uma célula de carga marca *Sodmex*, modelo N400, com sensibilidade de 2,16 mV/V e escala nominal de 50 kN, inserida entre o trator e a semeadora. O pino que prende a barra foi retirado de modo que a barra ficasse livre, e toda a força de tração solicitada pela semeadora fosse aplicada à célula de carga. A força de tração média foi determinada através da equação 3:

$$F_m = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n} \quad (3)$$

em que:

F_m = força de tração média (N);

F_i = força de tração instantânea, (N);

n = número de dados registrados.

Para gravar e armazenar os sinais gerados pelos transdutores instalados no trator, utilizou-se um sistema de aquisição de dados computadorizado “micrologger” da *Campbell Scientific*, modelo CR23X.

A potência média na barra de tração foi calculada pela equação 4:

$$P_m = F_m \cdot V \cdot 0,0098096 \quad (4)$$

em que:

P_m = potência média na barra de tração (kW);

F_m = força de tração média (kgf) na barra de tração;

V = velocidade média de deslocamento ($m \cdot s^{-1}$);

0,0098096 = fator de conversão de unidades para expressar o resultado em kW.

A potência máxima na barra foi calculada pela equação 5:

$$P_{max} = F_{max} \cdot V \cdot 0,0098096 \quad (5)$$

em que:

P_{max} = potência máxima na barra de tração (kW);

F_m = força de tração máxima (kgf) na barra de tração.

Resultados e discussão

Todos os parâmetros e análises estatísticas referentes aos dados obtidos no experimento, bem como os valores calculados a partir destes, serão apresentados na forma de tabelas, nas quais as médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O teor médio de água do solo no dia da semeadura foi de 26,12% na camada de 0 a 10 cm, e o valor médio encontrado para a densidade do solo antes da operação de semeadura na camada de 0 a 10 cm, foi de $1,31 \text{ g cm}^{-3}$.

Avaliação das molas dos mecanismos sulcadores (adubo e semente) e recobridores de sementes

Na Tabela 1 são apresentados os valores do comprimento, do diâmetro e da constante das molas dos mecanismos: sulcadores de adubo (MSA), sulcadores de sementes (MSS) e recobridores de sementes (MRS), no qual observa-se que todas as molas ensaiadas apresentaram diferenças quanto ao comprimento, diâmetro e constantes. Verifica-se também que a amplitude de variação do comprimento das molas foi de 1,0 cm nos MSA, 0,4 cm nos MSS e 2,2 cm nos MRS. A amplitude de variação do diâmetro das molas foi de 0,04 cm nos MSA, 0,06 cm nos MSS e 0,03 cm nos MRS. Levando em consideração que a semeadora é praticamente nova e tem poucas horas de trabalho, essa variação do comprimento e diâmetro das molas não pode ser atribuído a um desgaste das mesmas.

Em relação aos dados das constantes das molas, os resultados mostraram a necessidade de se ter conhecimento dos valores do comprimento e das constantes das molas dos mecanismos sulcadores e recobridores de sementes nos procedimentos de regulagem de uma semeadora-adubadora. Os procedimentos normalmente utilizados pelos técnicos e agricultores levam em consideração que todas as molas tenham comprimento e constantes iguais, fazendo com que a carga aplicada pelas molas nos mecanismos sulcadores ou rompedores de solo não sejam iguais em todas as linhas de semeadura, podendo ser um dos fatores que influenciam na desuniformidade de profundidade de deposição de sementes.

Tabela 1. Valores do comprimento, do diâmetro e da constante das molas dos mecanismos sulcadores: adubo (MSA), sementes (MSS) e recobridores de sementes (MRS).

Descrição	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	Constantes
MSA - 1	21,8	7,05	18,48 BC
MSA - 2	22,2	7,00	18,41 C
MSA - 3	22,7	7,03	18,26 BC
MSA - 4	21,7	7,01	18,05 C
MSA - 5	21,7	7,01	18,93 A
CV (%)	-----	-----	0,58
DP	-----	-----	0,11
MSS - 1	33,0	4,05	1,924 BC
MSS - 2	33,1	3,99	1,914 C
MSS - 3	33,1	3,99	1,921 BC
MSS - 4	33,0	4,00	2,014 A
MSS - 5	32,7	3,99	1,944 B
CV (%)	-----	-----	0,57
DP	-----	-----	0,011
MRS - 1	22,8	2,62	0,535 BC
MRS - 2	22,6	2,60	0,556 A
MRS - 3	22,8	2,59	0,535 BC
MRS - 4	24,8	2,61	0,541 B
MRS - 5	23,0	2,61	0,530 C
CV (%)	-----	-----	0,864
DP	-----	-----	0,004

Profundidade do sulco, da patinagem e do consumo de combustível

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios dos parâmetros da profundidade do sulco, da patinagem do rodado traseiro e do consumo horário de combustível. Para o parâmetro profundidade do sulco, o tratamento T1 foi significativamente superior aos demais. Nota-se também que à medida que se aumenta o número de linhas de semeadura, a profundidade do sulco diminui de 8,84 cm no tratamento T1 (uma linha) para 5,94 cm no tratamento T5 (cinco linhas), ou seja, houve um decréscimo de 32,80% na profundidade do sulco. Essa diminuição pode estar associado ao peso total da semeadora que está distribuído em apenas um único ponto de contato com o solo no tratamento T1, enquanto que no tratamento T5 o peso será distribuído em cinco pontos.

Verifica-se, observando os resultados da Tabela 2, que o tratamento T5 foi o que apresentou o maior valor de patinagem (6,13%), requerendo também a maior força de tração média na barra, conforme apresentado na Tabela 3. Os valores da patinagem apresentaram-se inferiores ao intervalo de 7% a 10%, recomendado pela ASAE (1989), para operar com a máxima eficiência de tração em solos não mobilizados. Isso pode ser devido ao fato da potência disponível no trator estar muito além do que necessita a semeadora. Além do que o trator se encontrava com excesso de lastragem durante a realização do experimento. Observa-se também que, com o aumento do número de linhas, há um aumento significativo da patinagem média.

Tabela 2. Valores médios da profundidade do sulco para deposição do adubo (cm), da patinagem do rodado traseiro do trator (%) e do consumo horário de combustível (L h⁻¹).

Tratamentos	Profundidade do sulco (cm)	Patinagem (%)	Consumo de combustível (L h ⁻¹)
T1	8,84 A	2,07 A	8,46 A
T2	6,63 B	3,27 A	8,79 A
T3	6,52 B	2,79 A	9,48 A
T4	6,07 B	3,75 A	9,65 A
T5	5,94 B	6,13 B	9,27 A
CV (%)	8,60	25,61	7,83
DP	0,58	0,92	0,72

Os valores médios obtidos para o consumo horário de combustível não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, ou seja, o consumo horário de combustível não foi influenciado pelo número de linhas utilizadas. Isso pode estar relacionado ao fato do trator ter potência disponível muito além do que necessita a semeadora.

O tratamento T4 foi o que apresentou o maior valor absoluto do consumo de combustível (9,65 L h⁻¹), enquanto que o tratamento T1 obteve o menor consumo (8,46 L h⁻¹). Os valores encontrados para o consumo horário de combustível são semelhantes aos obtidos por Silva *et al.* (2002) e Mahl *et al.* (2002).

Força e potência requerida na barra de tração

Os valores médios da força de tração média, da força de tração específica por centímetro de profundidade, da força de tração máxima, da potência média e da potência máxima são apresentados na Tabela 3, na qual se verifica, que para um aumento do número de linhas de semeadura, a exigência de força de tração média aumentou de 3,72 kN no tratamento T1 para 8,62 kN no tratamento T5, ou seja, houve um acréscimo de 131,9%.

Com o aumento do número de linhas de semeadura de 1 para 2; 2 para 3; 3 para 4; 4 para 5, o incremento na força de tração média foi 1,88 kN; 0,71 kN; 1,77 kN e 0,54 kN, respectivamente. Os menores valores foram encontrados quando se utilizou a linha central na configuração da máquina, ou seja, nos tratamentos T3 e T5, respectivamente.

Os valores médios da força de tração nos tratamentos T4 (8,08 kN) e T5 (8,62 kN), encontrados neste trabalho, são semelhantes aos encontrados por Mahl *et al.* (2002) e estão próximos ao obtido por Silva *et al.* (2002), que observaram uma força média de 7,33 kN, para uma semeadora-adubadora equipada com 4 e 6 unidades de semeadura, utilizando mecanismo sulcador do tipo haste sulcadora em sistema de plantio direto.

Tabela 3. Valores médios da força de tração média (F_M), da força de tração específica por centímetro de profundidade (F_{PROF}), da força de tração máxima ($F_{MÁX}$), da potência média (P_M) e da potência máxima ($P_{MÁX}$) solicitadas na barra de tração.

Tratamentos	F_M (kN)		F_{PROF} (kN/linha.cm)		$F_{MÁX}$ (kN)		P_M (kW)		$P_{MÁX}$ (kW)	
T1	3,72	A	0,44	A	6,10	A	5,68	A	9,33	A
T2	5,60	B	0,43	A	8,75	B	8,72	B	13,36	B
T3	6,31	C	0,33	B	8,89	B	9,67	C	13,63	B
T4	8,08	D	0,33	B	10,84	C	12,21	D	16,40	C
T5	8,62	E	0,29	B	11,12	C	12,86	E	16,58	C
CV (%)	3,13		11,52		5,11		2,82		4,88	
DP	0,20		0,04		0,47		0,27		0,68	

Para o parâmetro força de tração específica por centímetro de profundidade, observa-se que o tratamento T5 foi o que apresentou a menor exigência de força de tração específica por centímetro de profundidade (0,29 kN/linha cm). Isso pode ser explicado, pois o tratamento T5 foi o que apresentou a menor exigência de força de tração específica por linha de semeadura (1,72 kN/linha) e a menor profundidade de sulco (Tabela 3). Nota-se também que com o aumento do número de linhas utilizadas há uma redução significativa da força de tração específica.

O requerimento de força de tração máxima na barra (pico) deve-se às irregularidades do terreno, à diferença de profundidade de semeadura, aos embuchamentos momentâneos ou mesmo devido a diferenças de resistência do solo ao corte. A medida em que se aumentou o número de linhas de semeadura de 1 para 2; 2 para 3; 3 para 4; 4 para 5, o aumento nos picos de força de tração foi 43,38%; 1,53%; 22,02% e 2,54%, respectivamente.

Para a mesma velocidade de deslocamento, verifica-se que o esforço máximo de tração foi 41,41% superior ao esforço médio obtido. Nota-se também que com o aumento do número de linhas utilizadas há um acréscimo significativo da força de tração máxima exigida.

Apenas os tratamentos T4 e T5 estão de acordo com os valores obtidos por (Silva, 2000), quando avaliou duas semeadoras-adubadoras equipadas com quatro linhas para milho.

Analisando o parâmetro potência média, verifica-se que a maior potência (12,86 kW) foi encontrada no tratamento T5 e a menor potência (5,68 kW) no tratamento T1, os quais apresentaram também o maior e o menor requerimento de força de tração média, respectivamente. Nota-se também que, com o aumento do número de linhas utilizadas, há um acréscimo significativo da potência média exigida. Para um aumento no número de linhas de semeadura de uma para cinco linhas (T1 para T5) houve um acréscimo de 126,41% no requerimento de potência média na barra.

A potência máxima na barra de tração apresentou

o mesmo comportamento que o requerimento de força de tração máxima. Verificou-se também que para o aumento de uma para cinco linhas (T1 para T5) houve um incremento de 77,74% no requerimento de potência.

Conclusão

Os mecanismos de molas helicoidais mostraram-se ineficientes quanto à transferência de força vertical aos mecanismos rompedores de solo, fazendo com que a profundidade do sulco para deposição do fertilizante sofresse uma redução com o aumento do número de linhas utilizadas.

A demanda de força de tração média na barra solicitada pela semeadora-adubadora de precisão variou em função do número de linhas de semeadura e da configuração das linhas na máquina.

Não se observou o efeito do número de linhas utilizadas no consumo horário de combustível.

A força de tração máxima na barra foi 41,41% superior a força de tração média obtida, essa diferença deve ser considerada no cálculo do dimensionamento do conjunto motomecanizado.

O aumento no número de linhas de semeadura de uma para cinco linhas provocou um aumento de 126,41% no requerimento de potência média na barra.

Referências

- ASAE-AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, S209.5. Agricultural tractor test code. In: *ASAE standards 1989: standards engineering practices data*. San Joseph, 1989. p. 44-48.
- ASAE-AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural Machinery Management. In: *ASAE standards 1996: standards engineering practices data*. San Joseph, 1996. p. 326-31. (ASAE D496.2 MAR94).
- ASAE-AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural Machinery Management. In: *ASAE standards 1999: standards engineering practices data*. San Joseph, 1999. p. 359-66. (ASAE D497.4 JAN98).
- ARAÚJO, A.G. et al. Identificação das restrições para expansão do plantio direto na região da represa de Itaipu. In: *ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE*

- PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 3., 1998, Pato Branco. *Anais...* Pato Branco: Instituto Agrônômico do Paraná, 1998.
- ARAÚJO, A.G. *et al.* *Mecanização do plantio direto: problemas e soluções*. Londrina, Iapar: Informe da pesquisa. n° 137. 2001. 18p.
- EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de métodos de análise de solos*. 2ª. (Ed.), Rio de Janeiro: Embrapa/CNPQ, 1997. 212p.
- EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1999. 412p.
- FAGANELLO, A. *Avaliação de sulcadores para semeadura*. 1989. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1989.
- MAHL, D. *et al.* Demanda energética de semeadora-adubadora em função da velocidade de semeadura e condição de solo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, 31, 2002, Salvador. *Anais...* Salvador – BA, 2002.
- MORRISON JR., J.E. Interactive planter depth control and pneumatic downpressure system. *Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)*, St Joseph, v. 31, p. 19-23, 1988.
- OLIVEIRA, M.F.B. *et al.* Mobilização do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, 29., Fortaleza. *Anais...* Fortaleza – CE, 2000.
- SILVA, P.R.A. *et al.* Avaliação da demanda energética de hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, 31., 2002, Salvador. *Anais...* Salvador – BA, 2002.
- SILVA, S.L. *Projeto e construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas*. 1997. Dissertação (Mestrado)–Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.
- SILVA, S.L. *Avaliação de semeadoras para plantio direto: demanda energética, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento*. 2000. Tese (Doutorado)–Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

Received on October 13, 2004.

Accepted on August 27, 2005.