



FORÇA DE TRAÇÃO E POTÊNCIA DEMANDADA POR MECANISMOS DE CORTE E SULCADORES DE SEMEADORA-ADUBADORA¹

Tiago Rodrigo Francetto¹, Airton dos Santos Alonço², Mateus Potrich Bellé³, André Augusto Veit⁴ & Wagner Pires da Silva⁵

RESUMO: O objetivo foi avaliar a interação entre diferentes mecanismos de corte de resíduos culturais e sulcadores de semeadoras-adubadoras observando a demanda de tração e o requerimento de potência na barra de tração, em função da velocidade de deslocamento. Este trabalho foi realizado em propriedade agrícola situada no município de Santa Maria (RS), em solo classificado como Argissolo Vermelho com textura franco arenosa. O experimento foi composto por 24 combinações de tratamentos, em um esquema fatorial de 2x3x4. Estes foram obtidos pela interação dos fatores sulcadores (haste e disco), mecanismos de corte (sem disco, disco liso e ondulado) e velocidades (1,11, 1,67, 2,22 e 2,78 m s⁻¹). A combinação de mecanismos foi possível mediante o acoplamento em uma estrutura porta-ferramentas móvel e utilizando um trator instrumentado como fonte de potência. O requerimento médio de tração do sulcador tipo haste foi 22,28% superior que o solicitado pelo mecanismo de disco. A situação sem disco de corte foi a que demandou a menor força de tração e potência, seguido pelo disco liso e o ondulado, respectivamente. Para a variável velocidade de deslocamento, as duas mais lentas, 1,11 e 1,67 m s⁻¹, não apresentaram diferença entre si na exigência de tração, assim como entre as mais rápidas, 2,22 e 2,78 m s⁻¹. Com relação à demanda de potência, o incremento da velocidade de trabalho propiciou aumento significativo nesta variável. Ambos sulcadores ao serem combinados com discos de corte, tiveram seus requerimentos aumentados. O emprego de disco de corte, associado a haste, mantém a demanda de tração e minimiza ampliação do requerimento de potência na barra com o acréscimo da velocidade. O aumento da área de contato com o solo das associações que empregam discos de corte, afeta proporcionalmente a demanda de tração e potência quando associados ao sulcador disco duplo.

PALAVRAS-CHAVE: Máquina agrícola, semeadura direta, haste sulcadora, discos duplos desencontrados, Engenharia Agrícola.

TRACTION FORCE AND POWER IN FUNCTION OF PLANTER CUTTING MECHANISMS AND FURROW OPENERS

ABSTRACT: The objective was to evaluate the interaction between different cutting mechanisms of culture residues and furrow openers of a row crop planter, observing the demand of traction and the drawbar power requirement, depending of the speed travel. This study was conducted in a farm located in the city of Santa Maria (RS), in an Ultisol with sandy loam texture. The experiment consisted of 24 treatment combinations in a factorial arrangement of 2x3x4. These combinations were obtained by interaction of furrower's factors (hoe opener and double-disc opener) cutting discs (without disc, smooth and offset fluted coulter) and speeds (1.11, 1.67, 2.22 and 2.78 m s⁻¹). The mechanisms combination was done connecting to a mobile tool holders structure using an instrumented tractor as a source of power. The average requirement of traction furrower type hoe was 22.28% higher than that requested by the disc mechanism. The no cutting disc coulter system was the one that demanded the smaller tractive force and power, followed by the smooth disc and offset fluted, respectively. For the variable speed travel, the slower speeds, 1.11 and 1.67 m s⁻¹, did not show any difference in traction requirement, as well as among the fastest, 2.22 and 2.78 m s⁻¹. With respect to power demand, increased travel speed led to significant increase in this variable. Both furrowers when combined with cutting discs, increased requirements. The use of cutting disc, associated with the hoe opener, maintains the traction demand and minimizes the magnification of the drawbar power with speed increase. The increased contact area with the soil of associations that employ cutting discs, affects the demand for traction and power when combined with double-disc opener.

KEYWORDS: Agricultural machine, direct seeding, hoe opener, mismatched double-disc opener, Agricultural Engineering.

¹, ², ³, ⁴ e ⁵ Universidade Federal de Santa Maria. E-mails:
tiagofrancetto@gmail.com ; airtonalonco@gmail.com ;
mateuspotrichbelle@yahoo.com.br ; andre_h_veit@hotmail.com
; wagner_pires8@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

A força de tração ou força horizontal pode ser definida como a quantidade de força necessária para puxar ou empurrar uma determinada ferramenta. Os requerimentos de energia das operações de preparo de solo são dependentes do tipo de solo e do manejo que ele sofreu anteriormente. Além disso, Andreolla e Gabriel Filho (2006) e Mak, Chen e Sadek (2012), concluíram que a força de tração também é influenciada pelo tipo de mecanismo sulcador empregado na semeadora, assim como as condições físicas do solo como afirma Conte et al. (2011) e Seidi (2012) e pela profundidade de trabalho (CHEN, MUNKHOLM e NYORD, 2013a). Fatores estes muito importantes principalmente com a utilização do sistema de semeadura direta segundo Altikat, Celik e Gozubuyuk (2013), sendo que, conforme Francetto (2014) são estes que determinam a escolha das associações entre mecanismos de corte dos resíduos culturais e de abertura do sulco. Dessa forma, para Chen, Munkholm e Nyord (2013b) a compreensão do comportamento destas ferramentas é de extrema importância para o desenvolvimento de mecanismos de alto desempenho.

Conforme a American Society of Agricultural Engineers (2003), a força de tração necessária para a operação de semeadoras de precisão, na direção horizontal do deslocamento, já incluída a resistência ao rolamento da máquina, varia de 900 Newton (N) \pm 25% por linha (somente semeadura) e de 3.400 N \pm 35% por linha (semeadura, adubação e herbicida). Maiores esforços esses ocorrem devido a maior profundidade de atuação e a presença dos discos de corte de resíduos e dos elementos rompedores do solo.

Conforme Andreolla e Gabriel Filho (2006), analisando a demanda de tração de uma semeadora equipada com diferentes elementos rompedores, evidenciaram que os discos duplos (sulcador rotativo), com 6,22 kN (0,69 kN linha⁻¹), requerem menor força em comparação com as hastes (sulcador fixo), com 27,06 kN (3,01 kN linha⁻¹). Ademais, a potência solicitada na barra, também foi maior para as hastes, representando 31,83 kW (3,54 kW linha⁻¹), enquanto que para os discos, esta demanda foi de 8,02 kW (0,90 kW linha⁻¹). Levien et al. (2011), também concluiu que a abertura de sulcos através da utilização de hastes aumenta as exigências de força de tração em relação ao sistema de abertura de sulcos do tipo disco duplo.

Avaliando mecanismos de corte de palha, Silva et al. (2012) evidenciou que discos ondulados necessitam maior força horizontal para vencer a resistência do solo em comparação ao disco liso, possivelmente em virtude do desenho do disco e por sua ação dinâmica no solo e área de contato, ser diferentes. Além disso, Germino e Benez (2006), concluíram que a presença de disco não modifica as exigências de tração por hastes sulcadoras, sendo de 0,77 kN para situações com disco e 0,78 kN para as condições sem o mecanismo.

Silveira et al. (2011), avaliando o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora em diferentes manejos da cobertura do solo e em função da velocidade de deslocamento, observaram que o aumento desta proporcionou uma redução da força de tração. Por outro lado, Siqueira et al. (2001), trabalhando com velocidades de 1,31 e 2,31 m s⁻¹ na semeadura de soja, evidenciaram que a força de tração aumenta de forma significativa com o incremento da velocidade.

Logo, tendo em vista que o uso de máquinas implica em grande parte dos custos totais de produção, devem-se procurar alternativas que proporcionem à otimização do uso ligado a ampliação da vida útil, na busca pela melhoria do aproveitamento dos recursos produtivos e, conseqüentemente, redução dos custos da atividade.

Desse modo, o objetivo do trabalho foi avaliar a interação entre diferentes discos de corte e sulcadores de semeadoras-adubadoras sobre a demanda de tração e potência, em função da velocidade de deslocamento

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma propriedade agrícola situada no município de Santa Maria (Rio Grande do Sul). As coordenadas geográficas do local são 29°54'08" latitude sul e 53°49'39" longitude oeste, com altitude média de noventa e sete metros acima do nível do mar. Foi observado a existência de palha de soja (*Glycine max*) e de azevém (*Lolium multiflorum*), além de algumas plantas daninhas. Foi verificada a presença de 287,20 g m⁻² de matéria seca sobre a superfície do solo por meio do emprego do método da estufa. A área é utilizada sucessivamente para a produção da cultura da soja, como cultura de verão, sendo usada no inverno como local de criação de gado para pecuária de corte.

A caracterização física do solo foi realizada por meio da coleta de amostras a campo, em profundidade de 0 a 0,20 m, seguindo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997), para determinações da densidade do solo e teor de água. Para a primeira, foi verificado um valor médio de 1,64 g cm⁻³ enquanto que a segunda permaneceu em 13,15%. A caracterização da textura do solo consistiu na adoção do método de Vettori. Esta foi composta por 17,59% de argila, 28,44% de silte e 53,97% de areia, sendo o solo classificado texturalmente como franco arenoso. Este foi classificado como Argissolo Vermelho. A resistência à penetração do solo foi determinada com a utilização de um penetrômetro eletrônico, marca Falker, modelo PLG 1020, obtendo um valor médio de 1.220 kPa. A coleta de dados foi realizada na profundidade de 0 a 0,40 m, com aquisição de um dado a cada 0,010 m de profundidade.

O trator utilizado para tracionar a estrutura portaferramentas, foi um New Holland TL75E Exitus 4x2 (TDA), com massa de embarque de 3.390 kg. Durante o experimento a TDA esteve desligada com o trator operando em condições normais, sem o bloqueio do diferencial acionado. A pressão interna do pneu dianteiro

(12.4-24) foi de 190,0 kPa e do traseiro (18.4-30) de 180,0 kPa.

Os elementos de abertura de sulco utilizados foram um disco duplo desencontrados (SR) e haste sulcadora (SF), conforme ilustrado na Figura 1. O primeiro exibe um diâmetro de 390 mm, ângulo entre os planos de rotação dos discos de 12° e altura do ponto de contato de 70 mm. Já o segundo, apresenta um ângulo de ataque de 55°, espessura da ponteira de 20 mm e da haste de 10 mm. A profundidade de trabalho foi de 0,06 m para o primeiro e de 0,12 m para o segundo.

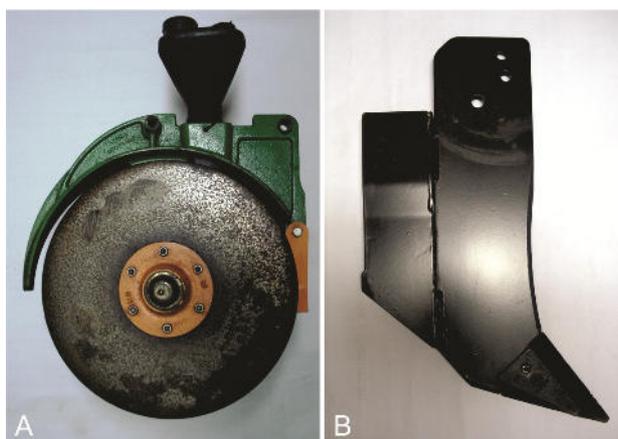


Figura 1 - Elementos de abertura de sulco: disco duplo (A) e haste (B).

Os discos de corte empregados estão ilustrados na Figura 2, sendo eles um liso (DL) e um ondulado (DO) com 20 ondas, além da condição sem disco (SD). Ambos possuem diâmetro de 460 mm e trabalharam a uma profundidade de corte de 50 mm.

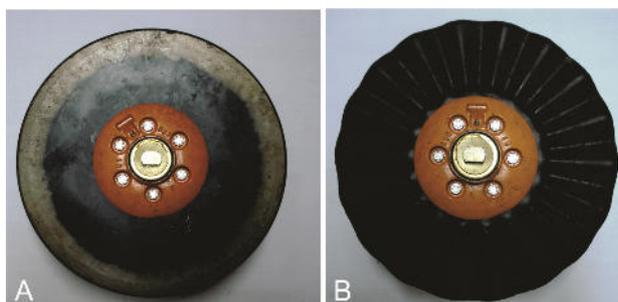


Figura 2 - Discos de corte dos resíduos culturais: liso (A) e ondulado (B).

Os tratamentos foram compostos pela interação dos fatores mecanismos de abertura de sulco (SF e SR), corte de resíduos culturais (SD, DL e DO) e velocidades de deslocamento (1,11, 1,67, 2,22 e 2,78 m s⁻¹). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso constituído por 24 tratamentos, com três

repetições, em um esquema fatorial de 2x3x4, em uma área total de 4.320,00 m². As parcelas, distribuídas nesta última, tiveram 180,00 m², com 3,0 metros de largura por 60,0 metros de comprimento.

Utilizou-se um datalogger marca Campbell Scientific, modelo CR 1000 para armazenamento dos dados gerados pelos sensores de rotação (determinação da velocidade de deslocamento) e célula de carga (caracterização da demanda de tração).

Uma célula de carga tipo S, de cinco toneladas (t), marca Berman, foi empregada para determinação da força de tração requerida. Esta esteve acoplada em um suporte retrátil fixo à barra de tração e ao cabeçalho do porta-ferramentas. Esta estrutura demandou uma força para seu funcionamento, denominada resistência ao rolamento, que foi medida em igual amplitude, através de sinais elétricos emitidos de acordo com a intensidade e descontados do valor final. Esses sinais, gerados em milivolts (mV), foram convertidos e armazenados no datalogger.

A força de tração média foi determinada com base na Equação 1 utilizando os dados da força de tração instantânea e da resistência ao rolamento.

$$F_t = F_i - R_r \quad (1)$$

onde F_t = força de tração média (kN), F_i = força de tração instantânea (kN) e R_r = resistência ao rolamento (kN).

A partir do valor da força média de tração foi possível calcular a potência disponível na barra de tração, conforme a Equação 2, possibilitando o cálculo do consumo específico de combustível.

$$P_b = F_t \times V \quad (2)$$

onde: P_b = potência na barra de tração (kW), F_t = força de tração média (kN), V = velocidade média de deslocamento do conjunto (m s⁻¹).

Após a aquisição dos dados de desempenho, os mesmos foram submetidos à análises de variância, utilizando o teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Foi testada a normalidade dos dados, utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov, e a homogeneidade de variâncias pelo teste de Cochran. Para estas, utilizou-se o software Assistat 7.7 beta 2015.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O requerimento médio de tração do sulcador fixo foi 22,28% superior que o solicitado pelo mecanismo rotativo. O primeiro necessitou de 2,14 kN, enquanto que o segundo demandou 1,75 kN. Bertolini et al. (2012), avaliando a utilização de discos duplos, encontrou valores médios de 1,37 kN por linha, e Troger et al. (2012), trabalhando com hastes, evidenciou uma

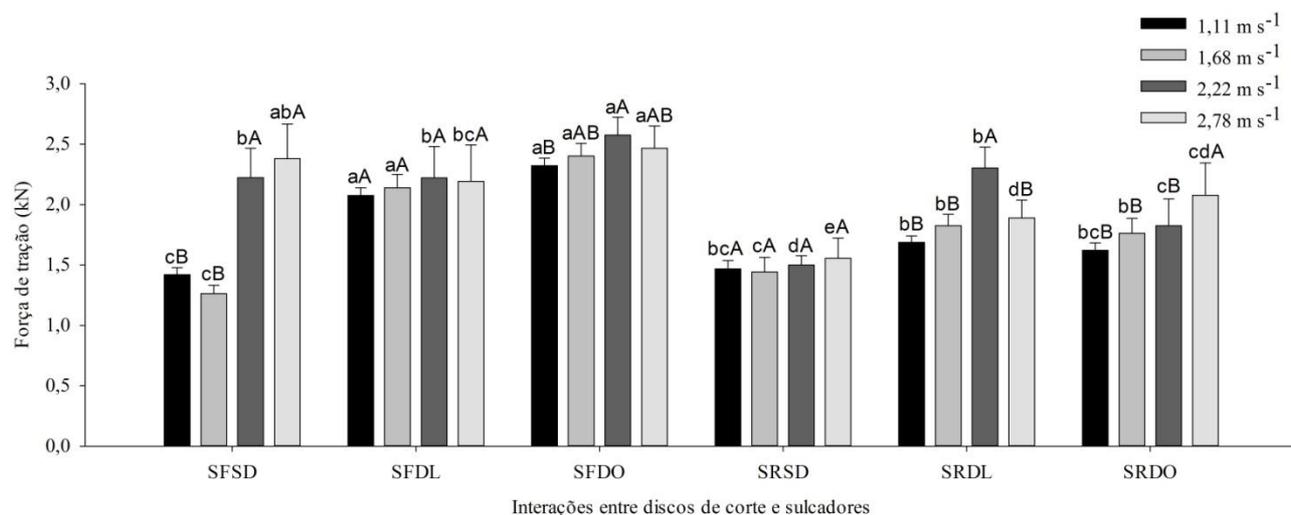


Figura 3 - Influência da velocidade de deslocamento sobre a força de tração nas interações discos/sulcadores.

Médias com a mesma letra minúscula (diferentes associações/mesma velocidade) e maiúscula (diferentes velocidades/mesma associação), não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV = 5,58%. As barras indicam o erro padrão.

SF = Sulcador fixo; SR = Sulcador rotativo; SD = Sem disco de corte; DL = Disco de corte liso; DO = Disco de corte ondulado.

amplitude na demanda de 1,06 a 1,86 kN. Assim sendo, os resultados encontrados estão condizentes com os obtidos pela literatura. Além disso, Andreolla e Gabriel Filho (2006), após estudar diferentes sulcadores, também evidenciaram que elementos fixos proporcionam maior exigência de tração. Isso pode ser explicado em função de que o projeto da haste visa quebrar as camadas mais compactadas de solo, trabalhando a uma maior profundidade em relação aos discos duplos, o que proporciona uma maior demanda de energia para vencer o acréscimo de atrito entre a ferramenta e solo, ao contrário dos discos duplos, que apenas abrem o sulco através do corte. Tal explicação vai ao acordo dos resultados encontrados por Troger et al. (2012) e Hasimu e Chen (2014), trabalhando com diferentes hastes sulcadoras.

A situação sem disco de corte foi a que demandou a menor força de tração, apresentando diferença significativa de 22,89 e 28,31% para o disco liso e o ondulado, respectivamente. Além disso, na comparação entre os mecanismos de corte, o ondulado foi o que exigiu um maior esforço de tração, apresentando diferença de 4,41% para o liso. Isso é justificado em função de que estes apresentam uma resistência ao rolamento, de forma que a presença de discos aumenta a sollicitação de tração e, por consequência da maior superfície específica, ou seja, maior área de contato com o solo, o ondulado é o que propiciou os maiores requerimentos.

Com relação a variável velocidade de deslocamento, as duas mais lentas, 1,11 e 1,67 m s⁻¹, não apresentaram contraste na exigência de tração, assim como entre as

mais rápidas, 2,22 e 2,78 m s⁻¹. Contudo, foi evidenciada influência significativa sobre a demanda entre estes grupos, sendo que o primeiro foi o que demandou menor esforço de tração, apresentando diferença de 17,32%. Fato comprovado por Siqueira et al. (2001) e Furlani et al. (2013), avaliando a demanda de tração de uma semeadora em diferentes velocidades de deslocamento.

A força de tração requerida para cada associação entre sulcador e disco de corte, em função da velocidade de deslocamento está ilustrada na Figura 3.

Na velocidade menor, foi observado que SR SD e SR DO não apresentaram diferença significativa para o SF SD. Na condição de 1,67 m s⁻¹, essa igualdade foi observada entre SF SD e SR SD, e em 2,22 m s⁻¹, entre SF DL e SR DO. Já para a maior velocidade, não houve igualdade na demanda entre o SR e o SR em nenhuma combinação. Desta forma, em determinadas associações entre velocidade e discos de corte para o SR, a exigência por parte destes pode ser semelhante ao SF, desde que estes últimos trabalhem em baixas velocidades e sem emprego de discos.

A Figura 4 ilustra a amplitude da demanda de tração em função da velocidade de deslocamento para as diferentes associações.

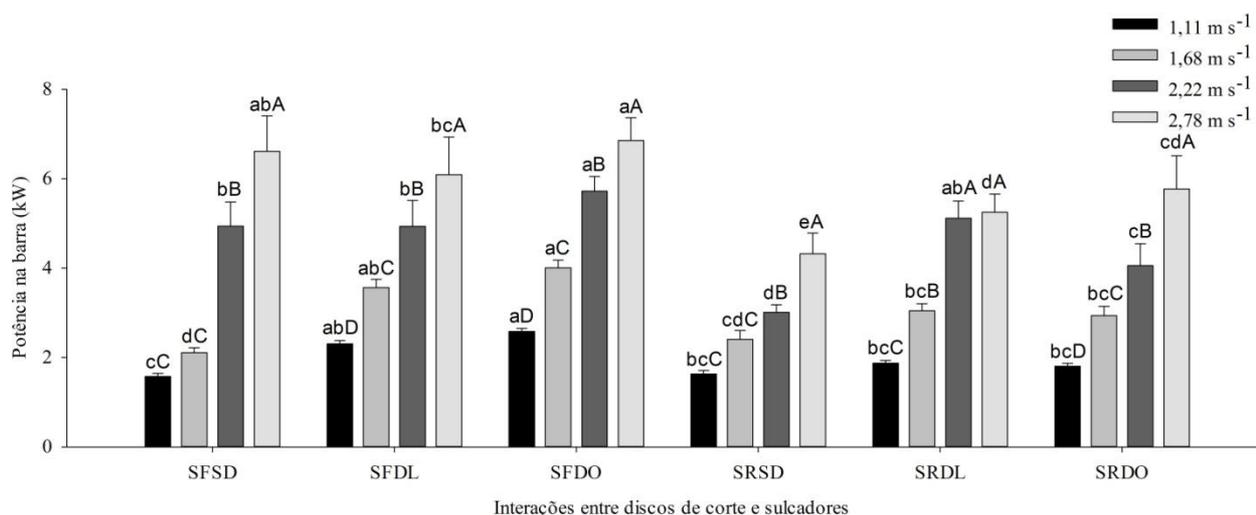


Figura 5 - Influência da velocidade de deslocamento sobre a demanda de potência nas interações discos/sulcadores.

Médias com a mesma letra minúscula (diferentes associações/mesma velocidade) e maiúscula (diferentes velocidades/mesma associação), não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV = 7,13%. As barras indicam o erro padrão.

SF = Sulcador fixo; SR = Sulcador rotativo; SD = Sem disco de corte; DL = Disco de corte liso; DO = Disco de corte ondulado.

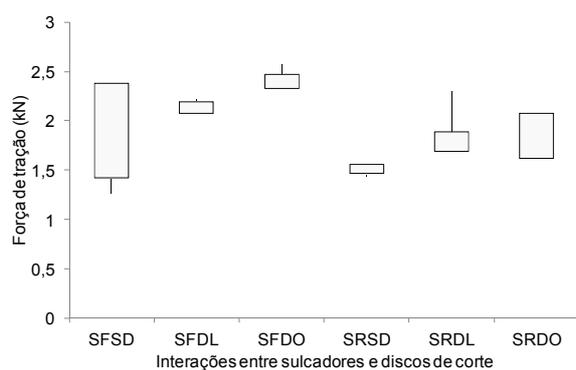


Figura 4 - Desempenho na demanda de tração das associações discos/sulcadores

A utilização de discos de corte, quando associado ao sulcador fixo, reduziu a ampliação da demanda de tração, quando a velocidade passou de 1,11 para 2,78 m s⁻¹. Na condição sem disco, a ampliação de tração entre estas velocidades foi de 67,61%, partindo de 1,42 kN para 2,38 kN. Em contraste, quando combinado com o disco liso e ondulado, este acréscimo foi de apenas 5,28% e de 6,46%, respectivamente, não sendo significativamente diferentes nas diferentes velocidades. Logo, nas associações com discos de corte, ocorre uma manutenção da demanda de tração, apresentando um valor médio de 2,16 kN para o liso, e de 2,44 kN com o disco ondulado.

Para os discos duplos, a integração com discos de corte também elevou a demanda de tração, sendo verificado um prolongamento desta ampliação. Quando associado

ao disco liso, foi verificada uma manutenção da demanda em baixas velocidades e um incremento significativo nas maiores, assim como as integrações com o disco ondulado. Dessa forma, a utilização de discos de corte com esse tipo de sulcador, deve ser realizada apenas em condições que demandem o corte de resíduos culturais.

O sulcador fixo exigiu 4,27 kW de potência na barra, enquanto que, para o disco duplo, esta demanda foi de 3,43 kW. Desta forma, o requerimento do primeiro foi 24,49% maior que o do segundo, sendo causado principalmente por uma maior profundidade de atuação deste sulcador, o que acarreta uma elevação na necessidade de energia para suprir o maior atrito gerado entre a ferramenta e o solo. Os resultados estão de acordo com os encontrados por Andreolla e Gabriel Filho (2006), Seki, Benez e Silva (2012) e Francetto et al. (2015).

A demanda de potência por parte do disco ondulado foi superior ao disco liso em 4,98%, e, ambos apresentaram maior requerimento que a condição sem o emprego deste tipo de mecanismos, com diferença de 27,11% para o primeiro e, 21,08%, para o segundo. Tal situação deve-se, em grande parte, a maior área de contato deste mecanismo com o solo.

O acréscimo da velocidade de deslocamento de 1,11 para 2,78 m s⁻¹ proporcionou um aumento na demanda de tração em 196,94%. Além disso, verificou-se que este incremento foi mais significativo em velocidades mais baixas, com diferença de 53,87% entre 1,11 e 1,67 m s⁻¹ e 53,82% entre 1,67 e 2,22 m s⁻¹. Já para a condição

entre as velocidades mais altas, este contraste manteve-se em 25,70%. Rodrigues et al. (2011) avaliando a demanda de potência de uma semeadora, também comprovaram efeito de acréscimo desta variável quando incrementada a velocidade.

A Figura 5 ilustra o desempenho das interações entre sulcador e disco de corte em função da velocidade de deslocamento sobre a exigência de potência na barra.

A interação entre sulcador fixo e o disco de corte ondulado, em todas as velocidades, e o disco liso nas velocidades 1,11 e 1,67 m s⁻¹, além da combinação entre disco duplo e disco liso na velocidade 2,22 m s⁻¹, foram as associações que apresentaram a maior demanda de potência.

O emprego de discos de corte ao sulcador fixo reduziu a ampliação da demanda de potência com o incremento da velocidade de deslocamento, visto que na condição sem este mecanismo o requerimento partiu de 1,58 kW, na velocidade de 1,11 m s⁻¹, para 6,61 kW, na velocidade de trabalho de 2,78 m s⁻¹, representando um aumento de aproximadamente 318%. Já quando associado ao liso, passou de 2,31 para 6,09 kW e de 2,58 para 6,85 kW com o disco ondulado, aproximadamente 160% de acréscimo para ambos.

Para o sulcador rotativo, não foi observada diferença significativa entre os fatores discos de corte nas velocidades mais baixas. Já nas maiores, o emprego do disco de corte liso manteve a demanda de potência em aproximadamente 5,18 kW e o ondulado em 4,19 kW para ambas velocidades (2,22 e 2,78 m s⁻¹).

A Figura 6 ilustra a amplitude da demanda de potência em função da velocidade de deslocamento para as diferentes associações.

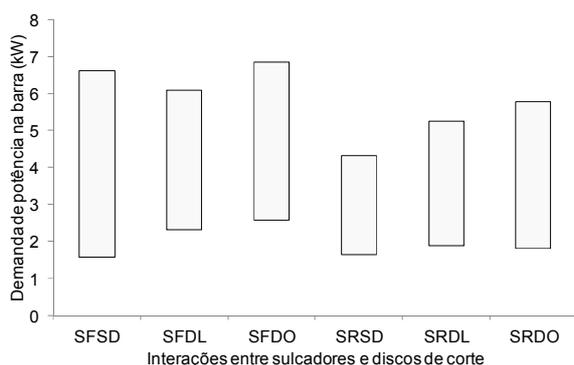


Figura 6 - Desempenho na demanda de potência das associações discos/sulcadores

Para ambos sulcadores a adição de discos de corte proporcionou uma elevação na demanda de potência mínima, sendo todas obtidas na velocidade de 1,11 m s⁻¹. A haste sulcadora, combinada ao disco liso, apresentou menor demanda máxima de potência quando comparada a condição sem o mecanismo de corte na velocidade de

2,78 m s⁻¹. Já para o sulcador rotativo, as associações com discos de corte aumentaram o requerimento máximo, tanto para o disco liso quanto para o ondulado, sendo que associações com este são mais afetadas pela área de contato com o solo das ferramentas de corte dos resíduos culturais.

4 CONCLUSÕES

Os tratamentos definidos pelos mecanismos de corte dos resíduos culturais e de abertura de sulco afetaram a força de tração e a potência na barra, sendo que estas aumentaram com o acréscimo da velocidade de deslocamento.

O sulcador haste exigiu maior força e potência que os de discos duplos desencontrados e ambos ao serem combinados com discos de corte, tiveram seus requerimentos aumentados.

O emprego de disco de corte, independentemente do tipo da borda, associado ao sulcador fixo mantém a demanda de tração e reduz a ampliação do requerimento de potência na barra com o acréscimo da velocidade de deslocamento.

O aumento da área de contato com o solo das associações que empregam discos de corte, afeta proporcionalmente a demanda de tração e potência quando associados ao sulcador rotativo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIKAT, S.; CELIK, A.; GOZUBUYUK, Z. Effect of various no-till seeders and stubble conditions on sowing performance and seed emergence of common vetch. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 126, n. 1, p. 72-77, 2013.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASAE. Agricultural machinery management. In: **ASAE Standards**. St. Joseph, 2003. p. 367-372. (ASAE EP496.2 FEB03).

ANDREOLLA, V. R. M.; GABRIEL FILHO, A. Demanda de potência de uma semeadora com dois tipos de sulcadores em áreas compactadas pelo pisoteio de animais no sistema integração lavoura-pecuária. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 768-776, 2006.

BERTOLINI, E. V.; GAMERO, C. A.; SALATA, A. da C.; PIFFER, C. R. Demanda energética da semeadura do milho em diferentes manejos do solo e espaçamentos entre linhas. **Revista Nucleus**, Ituverava, v. 9, n. 2. p. 185-194, 2012.

CHEN, Y.; MUNKHOLM, L. J.; NYORD, T. Selection of design parameters for a slurry injection tool. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 56, n. 5, p. 1653-1663, 2013a.

CHEN, Y.; MUNKHOLM, L. J.; NYORD, T.; A discrete element model for soil-weep interaction in three different soils. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 126, n. 1, p. 34-41, 2013b.

CONTE, O.; LEVIEN, R.; DEBIASI, H.; STURMER, S. L. K.; MAZURANA, M.; MULLER, J. Soil disturbance index as an indicator of seed drill efficiency in no-tillage agrosystems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 144, n. 1, p. 37-42, 2011.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FRANCETTO, T. R. **Desempenho de mecanismos de corte dos resíduos culturais e abertura de sulco para a semeadura direta**. 2014. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

FRANCETTO, T. R.; ALONÇO, A. dos S.; BELLÉ, M. P.; FRANCK, C. J.; CARPES, D. P. Comportamento operacional de associações entre sulcadores e discos de corte para sistema de semeadura direta. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 542-554, 2015.

FURLANI, C. E. A.; CANOVA, R.; CAVICHIOLI, F. A.; BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P. Demanda energética por semeadora-adubadora em função da haste sulcadora na semeadura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 6, p. 885-889, 2013.

GERMINO, R.; BENEZ, S. H. Ensaio comparativo em dois modelos de hastes sulcadoras para semeadoras-adubadoras de plantio direto. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 3, p. 85-92, 2006.

HASIMU, A.; CHEN, Y. Soil disturbance and draft force of selected seed openers. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 140, n. 1, p. 48-54, 2014.

LEVIEN, R.; FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; CONTE, O.; CAVICHIOLI, F.A. Semeadura direta de milho com dois tipos de sulcadores de adubo, em nível e no sentido do declive do terreno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 1003-1010, 2011.

MAK, J.; CHEN, Y.; SADEK, M. A. Determining parameters of a discrete element model for soil-tool interaction. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 118, n. 1, p. 117-122, 2012.

RODRIGUES, J. G. L.; GAMERO, C. A.; NASCIMENTO, F. M.; FERNANDES, J. C. Demanda energética de máquinas agrícolas na implantação da cultura do sorgo forrageiro. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.26, n. 1, p. 65-76, 2011.

SEIDI, E. Effects of geometry of disk openers on seed slot properties. **International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and**

Biotechnological Engineering, Greenwich, v. 6, n. 12, p. 1056-1060, 2012.

SEKI, A. S.; BENEZ, S. H.; SILVA, P. R. Desempenho operacional de semeadora e produtividade do milho em plantio direto e cultivo mínimo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.27, n. 1, p. 01-18, 2012.

SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H.; JASPER, S. P.; SEKI, A. S.; MASIERO, F. C.; RIQUETTI, N. B. Semeadora-adubadora: Mecanismos de corte de palha e cargas verticais aplicadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 12, p. 1367-1373, 2012.

SILVEIRA, J. C. M. da; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. de L.; TROGRELLO, E. Profundidade de sulco, área de solo mobilizada e força de tração de uma semeadora-adubadora em razão da velocidade de deslocamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 293-298, 2011.

SIQUEIRA, R.; ARAÚJO, A. G.; CASÃO JR, R.; RALISCH, R. **Desempenho energético de semeadoras-adubadoras de plantio direto na implantação da cultura da soja (Glycine max L.)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001. Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

TROGER, H. C. H.; REIS, Â. V. dos; MACHADO, A. L. T.; MACHADO, R. L. T. Analyzing the efforts in furrow openers used in low power planters. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 6, p. 1133-1143, 2012.