

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO EM TESTE DE DEMANDA DE TRAÇÃO POR DISCOS DE CORTE ASSOCIADOS A DIFERENTES SULCADORES

TIAGO RODRIGO FRANCETTO¹, AIRTON DOS SANTOS ALONÇO¹, ROUVERSON PEREIRA DA SILVA², MURILO APARECIDO VOLTARELLI³, RAFAEL SOBROZA BECKER¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria - RS. Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG). Endereço eletrônico: tiago.francetto@ufsm.br.

² Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal – SP. Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA).

³ Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Buri – SP.

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: O objetivo visado foi avaliar efeitos aleatórios do ambiente e do solo na resposta da força de tração exigida por diferentes associações de discos de corte e de sulcadores de fertilizante utilizados em semeadoras-adubadoras, sob o enfoque do Controle Estatístico de Processo, em teste a campo. Este foi realizado em propriedade agrícola situada no município de Santa Maria (RS), utilizando um porta ferramentas móvel. Os tratamentos foram constituídos por dois sulcadores (haste e disco duplo) com três arranjos em relação aos discos de corte (sem disco, liso e ondulado), com 23 repetições. Os dados de demanda de tração (kN) foram adquiridos com a utilização de instrumentação eletrônica. As cartas evidenciaram que na maioria das leituras, os pontos ocorreram dentro dos limites de controle, com exceção da combinação disco de corte liso e disco duplo. Apesar dessa verificação, as interferências de fatores alheios aos tratamentos experimentais foram baixas, assegurando a qualidade da execução do experimento, uma vez que foi observado apenas um ponto fora dos limites de controle e uma variabilidade baixa. O uso do controle estatístico apresentou-se como uma ferramenta complementar adequada para a conferência da qualidade da execução experimental de teste de mecanismos sulcadores no campo.

PALAVRAS-CHAVE: Semeadora-adubadora, Plantio direto, Relação máquina solo.

STATISTICAL CONTROL OF PROCESS ON CUTTING DISCS FOR TRACTION DEMAND TEST ASSOCIATED WITH DIFFERENT FURROWERS

ABSTRACT: The aim objective was to evaluate random effects of the environment and soil in traction force of the response required by different associations of cutting discs and fertilizer furrow openers used in row crop planter under the statistical process control approach, test the field. This was done in a farm in the municipality of Santa Maria (RS) using a mobile tool holder. The treatments consisted of two furrowers (hoe opener and double-disc opener) with three arrangements in relation to the cutting discs (without disc, smooth and offset fluted coulter), with 23 repetitions. The traction demand data (kN) were obtained with the use of electronic instrumentation. The letters showed that most of the readings, the points occurred within the control limits, with the exception of the combination smooth cutting disc and double-disc opener. Despite this check, interference from factors unrelated to the experimental treatments were low, ensuring the quality of implementation of the experiment, once observed only one point outside the control limits and a low variability. The use of statistical control was presented as an appropriate tool to complement the conference of the quality of mechanisms furrowers to test experimental implementation in the field.

KEYWORDS: Row crop planter, No-tillage, Relation machine-soil.

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, 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 Seidi (2012) e pela profundidade (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 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.

Por consequência da elevada diversidade de coberturas vegetais e da variabilidade espacial mineralógica, química e física dos solos presentes nos sistemas de semeadura direta no Brasil, tanto a nível nacional quanto a nível de propriedade, torna-se inevitável a necessidade de semeadoras e mecanismos capazes de realizar suas funções de maneira a se alcançar os propósitos do sistema. Portanto, as execuções de estudos locais, que abrangem esta heterogeneidade, são indispensáveis para o aperfeiçoamento, a otimização e o desenvolvimento futuro destes mecanismos, possibilitando um aumento da produtividade e do rendimento por parte dos agricultores. Aliado a isso, faz-se necessário a utilização de ferramentas capazes de verificar possíveis causas especiais originadas por esta variabilidade, sendo o controle estatístico de processo um instrumento provável para isso.

Desse modo, o objetivo visado foi avaliar efeitos aleatórios do ambiente e do solo na resposta da força de tração exigida por diferentes associações de discos de corte e de sulcadores utilizados em semeadoras-adubadoras, sob o enfoque do Controle Estatístico de Processo, em teste a campo.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado em uma propriedade agrícola situada no município de Santa Maria (Rio Grande do Sul). 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 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 (coeficiente de variação entre as amostras de 4,26%) enquanto que a segunda permaneceu em 13,15% (coeficiente de variação de 10,61%), respectivamente. A caracterização da textura 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 foi determinada com a utilização de um penetrômetro eletrônico, 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 porta-ferramentas foi um New Holland TL75E Exitus 4x2 (TDA), com massa de embarque de 3.390 kg. Os elementos de abertura de sulco utilizados foram discos duplos desencontrados (DD) e haste sulcadora (HS). O primeiro exhibe 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 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.

Os discos empregados foram um liso (DL) e um ondulado (DO) com 20 ondas, além da condição sem disco (SD). Possuem diâmetro de 460mm e trabalharão numa profundidade de 50mm.

Os tratamentos foram constituídos por dois sulcadores (haste e disco duplo) com três arranjos em relação aos discos de corte (sem disco, liso e ondulado). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso constituído por 6 tratamentos, com vinte e três leituras, em área total de 1.080,00 m². As parcelas, distribuídas nesta última, tiveram 180,00 m², com 3,0 metros de largura por 60,0 metros de comprimento. A velocidade de trabalho utilizada foi de 1,11 m s⁻¹.

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. Esses sinais, foram convertidos e armazenados no datalogger, marca Campbell Scientific, modelo CR 1000.

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.

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

em que,

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

Após a aquisição dos dados de desempenho, os mesmos foram avaliados por meio do Controle Estatístico de Processo, fazendo-se uso das cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel. Estas apresentam linhas centrais (média e média da amplitude móvel) e duas linhas de limites, uma superior (LSC) e uma inferior (LIC). Ambas foram calculadas tomando como base a média da variável mais três vezes o desvio padrão, para LSC, e menos três vezes o desvio padrão para LIC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na carta de controle para a demanda de força de tração para as interações entre discos de corte e sulcador tipo haste (FIGURA 1), verificou-se a estabilidade do processo, tanto nas cartas de valores individuais quanto nas de amplitude móvel para as interações que empregaram o sulcador tipo haste em função da não observação de pontos fora dos limites, acima ou abaixo da linha de média. Dessa forma, as fontes de variação existentes são inerentes ao processo, não apresentando causas especiais de variação (comportamento estável), retratando as boas condições experimentais durante a execução do ensaio do conjunto mecanizado, que poderiam estar associados às baixas variações físicas do solo da área experimental.

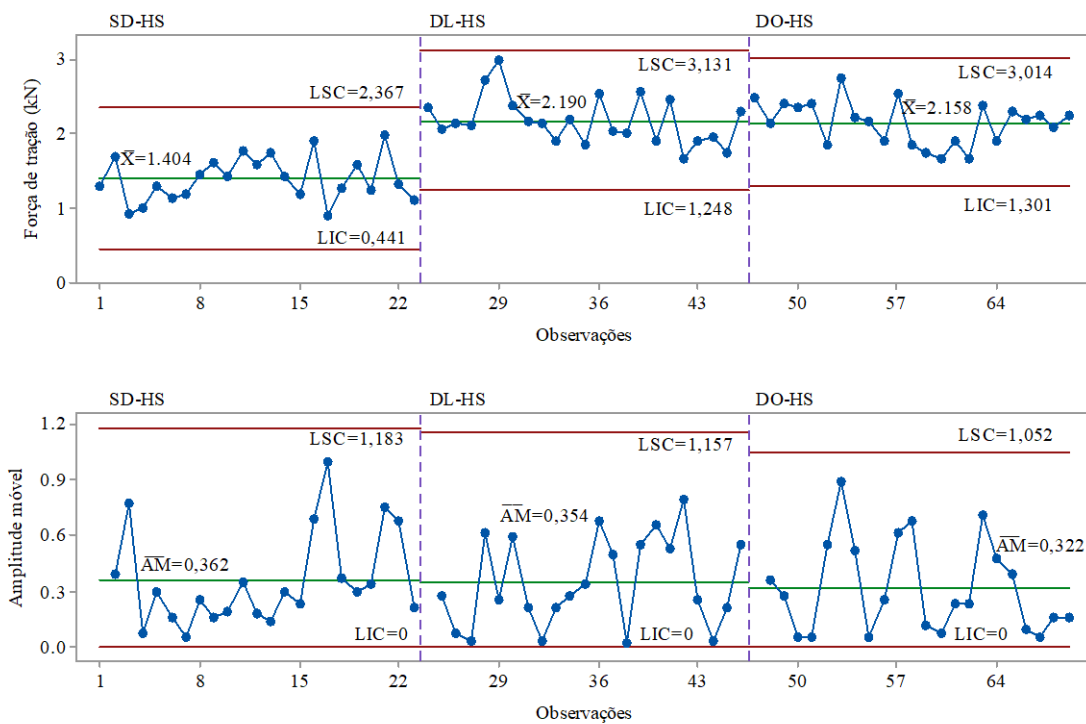


FIGURA 1. Carta de controle da força de tração demandada pelas associações com o sulcador haste. HS: Haste sulcadora; SD: Sem disco; DL: Disco liso; DO: Disco ondulado; LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle; \bar{X} : Média; \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

A associação que empregou o disco de corte ondulado (DO-HS) foi a que apresentou a menor variabilidade, visto a menor amplitude entre o LSC e LIC, conforme verificado na carta de amplitude móvel, seguido pela condição com disco liso e a sem disco.

A avaliação das cartas de controle da demanda de força de tração para as associações que empregaram o sulcador disco duplo como ferramenta de formação de sulco (FIGURA 2) evidenciaram que, na maioria das leituras, os pontos situaram-se dentro dos limites de controle, sendo que apenas

para a combinação disco de corte liso e disco duplo, foram mensuradas demandas fora do intervalo (acima do Limite Superior de Controle), para a carta de valor individual e de amplitude móvel. Este fato pode indicar a existência de causas especiais ocorrendo no processo, porém, apesar dessa verificação, as interferências de fatores alheios aos tratamentos experimentais foram baixas, assegurando a qualidade da execução do experimento, uma vez observado apenas um ponto fora dos limites e uma variabilidade caracterizada menor, em relação aos demais tratamentos, podendo ser atrelado a algum fator relacionado ao meio ambiente, como as condições do solo.

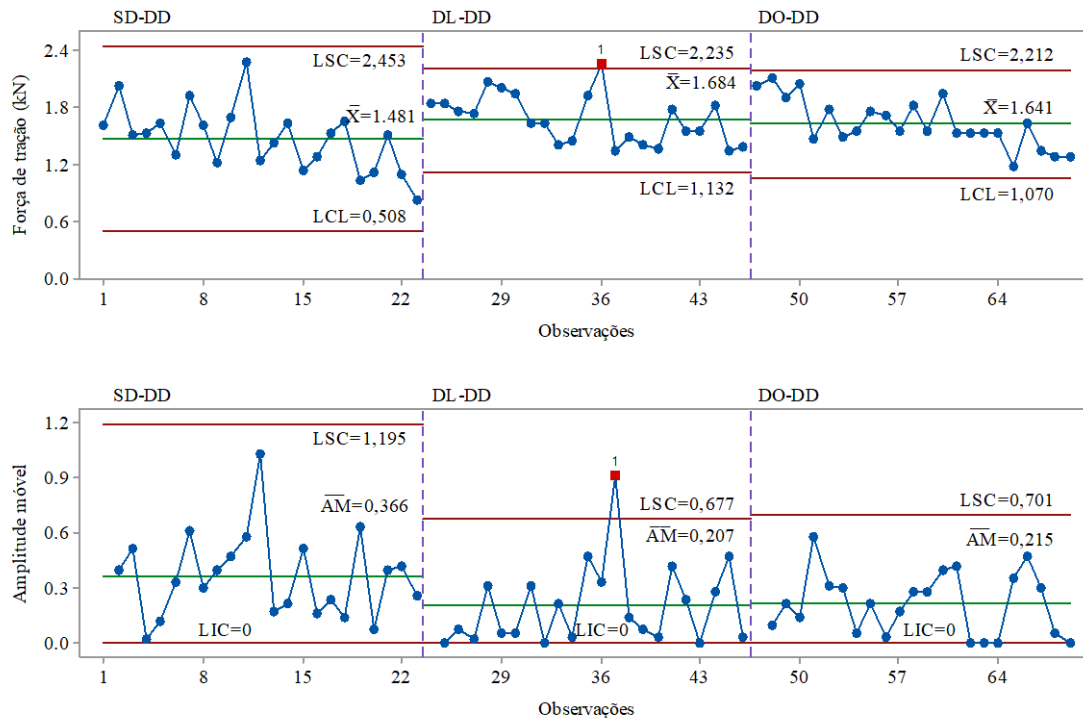


FIGURA 2. Carta de controle da força de tração exigida pelas associações com sulcador disco duplo. DD: Disco duplo; SD: Sem disco; DL: Disco liso; DO: Disco ondulado; LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle; \bar{X} : Média; \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

CONCLUSÕES: O uso do controle estatístico apresentou-se como uma ferramenta complementar adequada para a conferência da qualidade e identificação dos efeitos aleatórios do ambiente e do solo da execução experimental de teste de mecanismos sulcadores no campo. As variações físicas presentes na área experimental não foram capazes de interferir na qualidade do experimento.

REFERÊNCIAS:

- 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.
- 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 there different soils. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 126, n. 1, p. 34-41, 2013b.
- 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.
- 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.
- 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.