

UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTA DA QUALIDADE EM EXPERIMENTO DE DEMANDA DE TRAÇÃO POR SULCADORES

TIAGO RODRIGO FRANCETTO¹, AIRTON DOS SANTOS ALONÇO¹, VITOR DA
SILVA PINHEIRO SANTOS¹, RAFAEL SOBROZA BECKER¹, PABLO DO
AMARAL ALONÇO¹

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

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar, através do controle estatístico de processo, o comportamento da variável força de tração demandada por elementos sulcadores de semeadoras-adubadoras, instalados em diferentes distâncias para o disco de corte, em teste a campo. Este experimento foi realizado em uma área agrícola situada no município de Santa Maria (RS), utilizando um porta ferramentas móvel. Os tratamentos foram constituídos por dois sulcadores (disco duplo e haste) e três distâncias destes para o disco de corte. Os dados de demanda de tração (kN) foram adquiridos com a utilização de instrumentação eletrônica. Foi evidenciado que, para ambos os sulcadores, o processo de avaliação da demanda de tração permaneceu sob controle, assegurando qualidade ao experimento. Porém, para o disco duplo, dois pontos estiveram fora dos limites estabelecidos, indicando também a existência de causas especiais sobre a variável, possivelmente oriundos por ação de fatores ambientais. Assim, o controle estatístico do processo, por meio do uso da carta de controle, proporcionou conhecer, monitorar a variabilidade e acompanhar seus parâmetros, se apresentando como excelente ferramenta para conferência da qualidade experimental.

PALAVRAS-CHAVE: Semeadora-adubadora, carta de controle, engenharia agrícola.

USE OF QUALITY TOOL IN TRACTIN DEMAND EXPERIMENT BY FURROWERS

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate, through statistical process control, the behavior of the variable traction force demanded by the furrow elements of row crop planter, installed at different distances to the cutting disc, in a field test. This experiment was carried out in an agricultural area located in the municipality of Santa Maria (RS), using a mobile tools holder. The treatments consisted of two furrowers (double-disc and hoe furrow opener) and three distances from these to the cutting disc. The data on traction demand (kN) were acquired using electronic instrumentation. It was evidenced that, for both furrowers, the process of evaluating the demand for traction remained under control, ensuring quality to the experiment. However, for the double disc, two points were outside the established limits, also indicating the existence of special causes on the variable, possibly arising from the action of environmental factors. Thus, the statistical control of the process, through the use of the control chart, provided knowledge, monitoring the variability and monitoring its parameters, presenting itself as an excellent tool for checking the experimental quality.

KEYWORDS: Row crop planter, control chart, agricultural engineering

INTRODUÇÃO:

Força de tração ou força tratora pode ser definida como a quantidade de energia necessária para gerar trabalho, transferida para um corpo submetido à transladação horizontal paralela ao solo, resultante da somatória de forças em operações de preparo do solo e manejo que este foi submetido anteriormente, pois suas características físicas são relacionadas à resistência do solo em momentos que atuam sob o conjunto, máquina/ implemento. De acordo com isto Mak, Chen e Sadek (2012), concluem que a força de tração é a resultante da escolha do mecanismo sulcador empregado na semeadora, como também as condições físicas do solo como afirma Seidi (2012) e pela profundidade (CHEN, MUNKHOLM e NYORD, 2013a). Além disso, Francetto (2014) afirma que estes determinam a escolha das associações entre mecanismos de corte e de abertura do sulco, e para Chen, Munkholm e Nyord (2013b) a compreensão dos comportamentos destas ferramentas são fatores fundamentais para desenvolver ferramentas de alto desempenho para atuarem em um processo.

Conforme a American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE, 2006), 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 aplicação de herbicida no sulco). Maiores esforços esses ocorrem devido a maior profundidade de atuação dos elementos e pela presença dos discos de corte de resíduos culturais 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, evidenciou que os discos duplos, com 6,22 kN (0,69 kN linha⁻¹), requerem menor força em comparação com as hastes, 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.

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, essas relações podem ser definidas como uma combinação de fatores que interagem e colaboram de forma a atingir maior qualidade neste (MONTGOMERY, 2000). Assim, 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. De acordo com Trindade et al. (2007), as causas especiais de variação em um processo podem ocorrer devido a fatores conhecidos como os “6 M’s”. (Mão de Obra, Máquina, Matéria Prima, Método, Medição e Meio Ambiente).

Assim, ao se aplicar o controle estatístico de processo, pode-se investigar a qualidade das operações, sendo a carta de controle uma ferramenta estatística importante dos sistemas de controle e melhoria da qualidade. O objetivo deste estudo foi avaliar, através do controle estatístico de processo, o comportamento da variável força de tração demandada por elementos sulcadores de semeadoras-adubadoras, instalados em diferentes distâncias para o disco de corte.

MATERIAL E MÉTODOS:

Este experimento foi realizado em uma área agrícola situada no município de Santa Maria (RS). Foi verificada a presença de 55,78 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 1,55 g cm⁻³ (coeficiente de variação entre as amostras de 7,57 %) enquanto que a segunda permaneceu em 15,26% (coeficiente de variação de 10,02%), respectivamente. A caracterização da textura consistiu na adoção do método de Vettori. Esta foi composta por 20,40% de argila, 47,90% de silte e 31,70% de areia, sendo o solo classificado texturalmente como franco. Este foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico (EMBRAPA, 2013). A resistência à penetração foi determinada com a utilização de um penetrômetro eletrônico, obtendo um valor médio de 1.591,48 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 Valmet 62 id, com massa de embarque de 2.300 kg. Os elementos de abertura de sulco utilizados foram discos duplos desencontrados (DD) e haste sulcadora (HS). O primeiro exibe diâmetro de 0,39 m, ângulo entre os planos de rotação dos discos de 12° e altura do ponto de contato de 0,07 m. Já o segundo, apresenta ângulo de ataque de 55°, espessura da ponteira de 0,02 m e da haste de 0,01 m. A profundidade de trabalho foi de 0,06 m para o primeiro e de 0,11 m para o segundo.

O disco empregado foi com borda de corte lisa (DL), possuindo um diâmetro de 0,46 m e profundidade de trabalho regulada para 0,05 m.

Os tratamentos foram constituídos por dois fatores: mecanismo sulcador (haste e disco duplo) e distância longitudinal de centro a centro do mecanismo de corte e do sulcadores (0,50, 1,0 e 1,5 m). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso constituído por seis tratamentos 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 (B), de cinco toneladas (t), marca Berman, foi empregada para determinação da força de tração requerida. Esta esteve acoplada em um suporte retrátil (C) fixo à barra de tração (D) e ao cabeçalho do porta-ferramentas (A) conforme ilustra a Figura 1. 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 módulo de medição e controle, marca Campbell Scientific, modelo CR 1000.

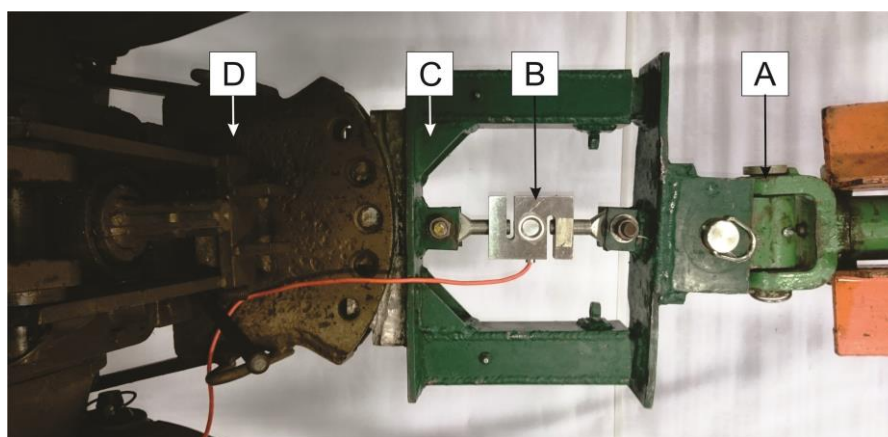


FIGURA 1. Local de instalação do transdutor de força tipo S

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. Para isso, foi utilizado o *software* Minitab 17.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A Figura 2 ilustra o comportamento da força de tração demandada pelo disco duplo nas distintas configurações de distância.

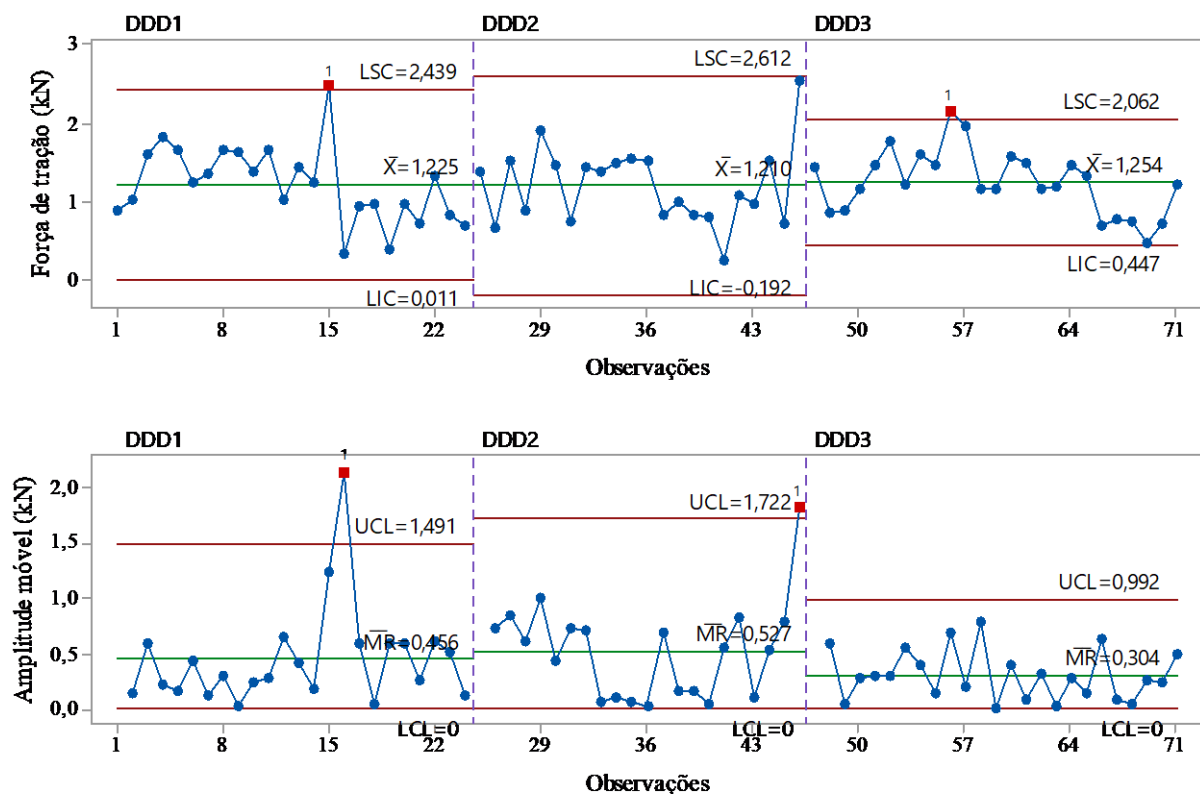


FIGURA 2. Carta de controle da força de tração por sulcador disco duplo.

DDD1: Disco duplo na distância 0,5 m; DDD2: Disco duplo na distância de 1,0 m; DDD3: Disco duplo na distância 1,5 m; LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle; \bar{X} Média; \overline{AM} Média da amplitude móvel.

Os valores médios de demanda de tração das diferentes configurações para o disco duplo se comportaram muito próximos, sendo 1,22 kN para D1, 1,21 para D2 e 1,25 kN para

D3. Portanto, na velocidade em que o experimento foi realizado, alterar a distância do sulcador pra o disco de corte não oferece alteração na demanda energético do elemento.

Contudo, foram evidenciados dois pontos que ultrapassaram o LSC, um em DDD1 e outro em DDD3, sendo ambos causados por fatores especiais no processo, podendo ser atrelado a algum fator relacionado ao meio ambiente, como as características físicas do solo. Para as demais amostras, as variações existentes são pertencentes ao processo, configurando como comportamento estável, o que nos indica boas condições experimentais durante a execução do experimento.

Ademais, DDD2 apresentou a maior faixa de limite (2,42 kN), seguido por DDD1(2,43 kN) e DDD3 (1,61 kN). Essa fato, corrobora com os valores médios obtidos para a amplitude móvel nas distintas configurações, que apresentaram o mesmo comportamento sequencial nos dados, com média geral de 0,43 kN. Assim, configurações mais próximas entre sulcador e disco de corte apresentaram maior suscetibilidade variação da demanda de tração, pela ação reativa do solo ao seu movimento, do que a regulagem mais distante.

A Figura 3 apresenta a demanda de força de tração do sulcador tipo haste, nas distintas configurações de distância para o mecanismo de corte.

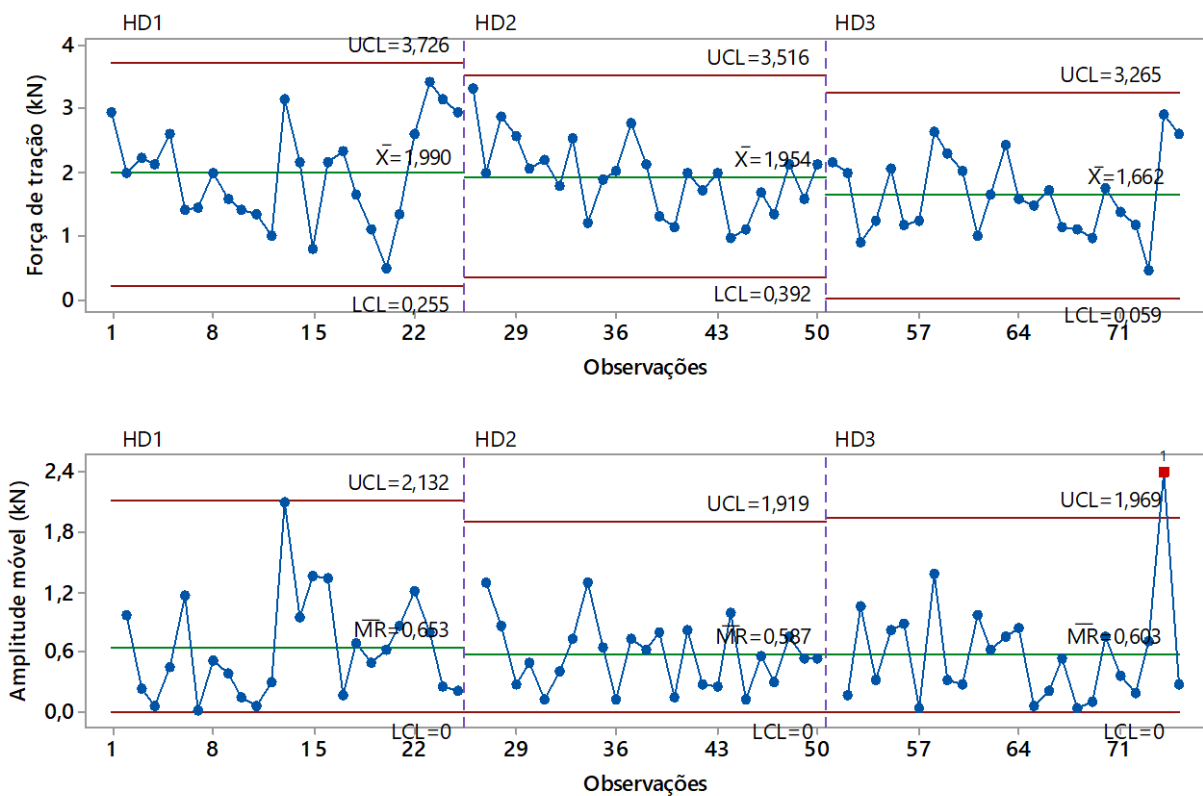


FIGURA 3. Carta de controle da força de tração por sulcador haste.

HD1: Haste na distância 0,5 m; HD2: Haste na distância de 1,0 m; HD3: Haste na distância 1,5 m; LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle; \bar{X} Média; $\bar{M}R$: Média da amplitude móvel.

As distâncias reguladas de 0,50 e 1,0 m apresentaram os menores valores médios de demanda de tração, com 1,99 e 1,95 kN respectivamente. Já a configuração mais distante, obteve o menor valor, com 1,66 kN. Contudo, o sulcador haste apresentou demanda média de, aproximadamente, 52% maior que o sulcador disco duplo, confirmando os estudos de Chen, Munkholm e Nyord (2013b). Todavia, o efeito do acréscimo da profundidade de trabalho

regulada, sobre a demanda de tração, não apresentou comportamento proporcional, o que pode estar relacionado a ação diferenciada na formação do sulco pelos sulcadores.

Quando analisadas as amostras, todas estiveram dentro dos limites estabelecidos configurando um processo estável sob controle estatístico, sem interferências de fatores alheios aos tratamentos experimentais, assegurando a qualidade da execução do mesmo. Contudo, na análise da amplitude móvel, para HD3, foi verificado um ponto acima do limite superior, configurando uma interferência de fatores alheios aos tratamentos experimentais neste local. Possivelmente, este efeito ocorreu por influência do meio ambiente (solo) o que também pode ter interferiu no método. Ademais, HD1 apresentou a maior faixa de limite (3,47 kN), seguido por HD3 (3,21 kN) e HD2 (3,12 kN).

Além disso, as distintas regulagens apresentaram valores médios de amplitude móvel bastante semelhantes, com média geral de 0,61 kN. Para tanto, a alteração do fator distância para o sulcador tipo haste não é significativa no efeito de oscilação observado na demanda de tração do elemento, ficando este restrito as variações física do solo como destaca a ASABE (2006) e Seidi (2012).

CONCLUSÕES: O uso da carta de controle apresentou-se como ferramenta complementar eficiente na análise da qualidade e identificação de possíveis efeitos aleatórios no processo. As variações físicas presentes na área experimental não foram capazes de interferir na qualidade do experimento.

REFERÊNCIAS:

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS - ASAE. Agricultural machinery management data. In: ASAE Standards. St. Joseph, Michigan, 2006. p. 390-398. (ASAE D497.5 FEB2006).

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*, v. 26, p. 768-776, 2006.

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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília, 2013. 353 f.

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.

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*, v. 41, 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.

MONTGOMERY, D.C **Introduction to statistical quality control**. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 2000.667 p.

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.

TRINDADE, C.; JOSÉ REZENDE, L.P.; JACOVINE, L.A.G.; SARTORIO,M.L. 2 ed. **Ferramentas da qualidade-aplicação na atividade florestal**. Viçosa: Editora UFV, 2007. 158p.