

Scientific Electronic Archives

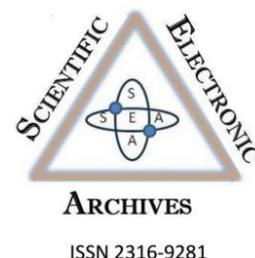
Issue ID: Sci. Elec. Arch. 9:3 (2016)

July 2016

Article link:

<http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=275&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



Probabilidade de ocorrência de erros tipos I e II no monitoramento de uma semeadora-adubadora

Error occurrence probability of type I and II in monitoring of a seeder-fertilizer

W. G. Vale, P. H. B. Moreira

Universidade Federal de Mato Grosso

Author for correspondence: valewg@gmail.com

Resumo. O monitoramento do desempenho das semeadoras-adubadoras ao longo da semeadura de grãos torna-se essencial para garantir o seu funcionamento e também para determinar qual momento deverão ocorrer paradas para intervenções durante a operação. No entanto, uma forma de analisar o comportamento do desempenho da semeadora-adubadora pode ser realizado por meio das cartas de controle de valores individuais, que detectam a presença de eventuais causas especiais decorrente da semeadura, tornando-se uma importante ferramenta de análise gerencial da operação. Neste sentido, objetivou-se neste trabalho avaliar a probabilidade de ocorrência dos erros tipo I e II na análise do desempenho operacional de uma semeadora-adubadora, utilizando valores de número um (1σ), dois (2σ) e três (3σ) múltiplos do desvio padrão. O experimento foi realizado em área agrícola no município de Sinop - MT, durante a safra 2014/15. O delineamento experimental utilizado foi baseado na lógica do controle estatístico de qualidade, para o acompanhamento das variáveis ao longo do tempo da operação. Foram coletados 120 pontos amostrais no total, sendo 60 pontos coletado por dia (em momentos aleatórios), para cada tipo de sistema de semeadura, em um período de dois dias, para cada tipo de variável analisada. Os indicadores de qualidade foram patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora e capacidade de campo efetiva, sendo todas as variáveis coletadas durante a semeadura da soja. A maior probabilidade de ocorrer o erro do tipo I é apresentada para todos os indicadores de qualidade que utilizam o valor um (1σ) e dois (2σ) como múltiplo do desvio padrão. A patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora, tanto na semeadura convencional quanto na semeadura direta podem ser avaliadas utilizando o valor múltiplo do desvio padrão de número três (3σ). A capacidade de campo efetiva no sistema de semeadura convencional pode ser avaliada utilizando valor múltiplo do desvio padrão de número três (3σ). Já na semeadura direta pode ser avaliada utilizando valor múltiplo do desvio padrão de número dois (2σ).

Palavras-chaves: Controle de Qualidade, Gerenciamento, Variabilidade.

Abstract. The monitoring of the seeder-fertilizer performance throughout the sowing grains becomes essential to ensure its operation and to determine in which moment the pause intervention during the operation should occur. However, a way to analyze the performance of the seeder-fertilizer can be done through the individual values control cards, which detect the presence of eventual causes due the seeding, becoming an important analysis/manager tool. In this way, this paper focuses in evaluate the probability of occurrence of the errors type I and II in the operational performance analysis of a seeder-fertilizer, using values of number one (1σ), two (2σ) and three (3σ) multiples of the standard deviation. The experiment was performed in rural area within the county of Sinop – MT, during the crop 2014/15. The experimental design used was based on the statistical quality control logic, to monitor the variables throughout the operational course. Has been collected 120 sampling points in total, 60 being collected per day (at random moments), for each seeding type in a period of two days, for each variant analyzed. The quality indicators were the seeder-fertilizer driving wheels skidding and overall field capacity, all variants being collected during the soybean seeding. The major probability of the occurrence of errors type I é presented to all the quality indicators which use value one (1σ) and two (2σ) as standard deviation multiple. The driving wheel skidding, both in the conventional seeding and in the direct seeding can be evaluated using the value multiple of the standard deviation number three (3σ). The overall field capacity on the conventional seeding system can be evaluated using the value multiple of the standard deviation number three (3σ). And, the direct seeding can be evaluated using the value multiple of the standard deviation number two (2σ).

Keywords: Quality Control, Management, Variability.

Introdução

A soja é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas e corresponde a 47,4% da área plantada em grãos do país (Conab, 2016). O aumento da produtividade está associado aos avanços tecnológicos, ao manejo e eficiência dos produtores. O grão é componente essencial na fabricação de rações animais e com uso crescente na alimentação humana encontra-se em franco crescimento.

Durante o processo de implantação de uma lavoura, os aspectos mais relevantes para seu sucesso estão relacionados com o desempenho da semeadora-adubadora, a análise operacional da semeadora-adubadora desempenha uma função fundamental para a produção em larga escala de grãos, tendo, portanto, influência direta nos custos de produção.

Estudos com a aplicação de conceitos e técnicas de qualidade na área agrícola ainda existem em pequena escala, no entanto a sobrevivência da empresa agrícola está ligada à implantação de novas técnicas administrativas baseadas na gestão de qualidade (Milan & Fernandes, 2002). Helman e Andery (1995) afirmam que o maior interesse do cliente é que o produto não falhe. Neste contexto Campos et al. (2008) afirmam que é de fundamental importância o aprimoramento de operações agrícolas devido a sua influência direta sobre a germinação, desenvolvimento e produtividade das plantas.

Milan e Fernandes (2002) garante que quantificar todos os fatores que influem nas operações agrícolas é uma tarefa complexa, portanto é necessário concentrar esforços nos fatores que trarão resultados esperados com melhor eficiência e eficácia, assim a utilização de ferramentas de qualidade é essencial para garantir a avaliação do desempenho adequado de um processo em função de fatores críticos, principalmente em relação à variabilidade.

A constatação que um processo está ou não estável, varia potencialmente em função do valor utilizado em associação com o desvio padrão da referida amostra, decrescendo o nível de rigorosidade à medida em que se aumenta em 1σ , 2σ , 3σ , 4σ , 5σ e 6σ . Em virtude da diferença no nível de rigorosidade do teste que estes desvios padrão proporcionam, podem ocorrer alarmes falsos, ou seja, indicando a instabilidade do processo quando somente há a existência de causas comuns ou aleatórias, neste caso sendo caracterizado o erro tipo I (Zanini, 2006). Por outro lado, quando é determinada a estabilidade do processo, quando, de fato, o mesmo encontra-se instável incorremos ao erro tipo II, em virtude da não detecção das causas especiais ou não-aleatórias (Montgomery, 2009).

Portanto, para se escolher a definição de qual nível de rigorosidade dos testes utilizar, para assim resultar em uma tomada de decisão mais eficaz no gerenciamento da operação, deve-se ter

em mente a grandeza da mudança a ser diagnosticada pelos gráficos de controle, a rapidez que se deseja realizar tal mudança e a forma de como monitorar do processo, sempre levando em consideração os custos, e se tais mudanças resultaram em melhorias ao processo (Voltarelli, 2015).

A avaliação de semeadoras-adubadoras é realizada geralmente por testes de campo onde se busca analisar seu desempenho geral ou de setores específicos em diferentes condições de trabalho.

O acionamento dos sistemas dosadores de sementes e, principalmente, de fertilizantes são realizados pelas rodas motrizes das semeadoras-adubadoras. Toda vez que ocorre patinação dessas rodas, os sistemas deixam de serem acionados, com isso, sementes e adubos não são depositados, causando falhas no plantio e no estande final. Por este motivo o estudo da patinação das rodas motrizes da semeadora-adubadora é muito importante.

Neste contexto, pressupondo que exista dúvida sobre qual o valor múltiplo do desvio padrão a ser utilizado na elaboração das cartas de controle de valores individuais, para aumentar o nível de qualidade do monitoramento e da operação, objetivou-se neste trabalho avaliar a probabilidade de ocorrência dos erros tipo I e II na análise do desempenho operacional de uma semeadora-adubadora.

Métodos

Os experimentos foram realizados na safra 2014/15, em área comercial, localizada na Estrada Claudia, em Sinop, MT. As coordenadas geográficas do local são $11^{\circ} 52' 23''$ de latitude sul e $55^{\circ} 29' 54''$ de longitude oeste.

O clima da região é do tipo tropical quente e úmido (Aw, segundo classificação de Köppen 1948). Este tipo climático é caracterizado pela presença de duas estações bem definidas: uma chuvosa, no período de outubro a abril e outra seca de maio a setembro, e pela pequena amplitude térmica anual, e por temperaturas e umidades elevadas: com médias anuais oscilando entre 24°C e 27°C , sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes com temperaturas máximas ao redor de 36°C . A precipitação média anual é de 1.900 mm.

A área é utilizada anualmente para o cultivo de milho, soja e milho safrinha, e logo após a colheita do milho é semeado a soja.

A soja semeada foi a soja transgênica 9144RR, material recomendado para semeadura no norte de Mato Grosso.

Os ensaios laboratoriais foram conduzidos no laboratório de Solos da Universidade Federal de Mato Grosso. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico de textura argilosa - compreende classes de textura ou partes delas com teor de argila de 35 a 60% (EMBRAPA, 1997). O solo durante os testes apresentou umidade de 27,9% b.s. e densidade de $1,22\text{ g cm}^{-3}$.

Foram realizados dois experimentos: um em sistema de semeadura convencional e o outro em sistema de semeadura direta.

Para realizar a semeadura foi utilizada uma semeadora-adubadora de 13 linhas com sistema dosador de sementes do tipo pneumático. E para tracionar a semeadora-adubadora, foi utilizado um trator com potência no motor de 101 kW (137 cv) a 2.200 rpm, com tração dianteira auxiliar (TDA).

As avaliações de desempenho da semeadora-adubadora constituíram-se pelos seguintes indicadores de qualidade: patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora e capacidade de

campo efetiva, sendo todas as variáveis coletadas durante a semeadura da soja.

Para se encontrar a patinagem da roda motora da semeadora-adubadora seguiu-se a metodologia descrita por Gamero e Lanças (1996). Foi contado o número de voltas que a roda motora da semeadora realizava com carga (semeando) e o número de voltas da roda motora sem carga. A patinagem (S) das rodas motrizes da semeadora-adubadora foi calculada pela Equação 1. Cada dado de patinagem foi obtido deslocando-se a semeadora-adubadora para suas rodas completarem dez voltas.

Equação 1

$$S = \frac{(A_n - A_1)}{A_n} \times 100$$

em que:

- S = patinagem dos rodados motrizes da semeadora-adubadora, %;
- A_n = avanço com carga por número de voltas, m;
- A₁ = avanço sem carga por número de voltas, m.

A condição de avanço com carga foi calculada pela relação entre a distância percorrida durante a semeadura e o número de voltas percorridas. A condição de avanço sem carga foi calculada pela relação entre a distância percorrida pela semeadora em solo firme, condição considerada sem patinagem e o número de voltas percorridas.

A capacidade de campo efetiva (CCE) foi determinada por meio da largura útil de trabalho da semeadora e sua velocidade de deslocamento

medida no campo, considerando-se, segundo a ASAE (1997), uma eficiência de campo de 70%.

Mediu-se no campo a largura efetiva de semeadura da semeadora-adubadora com uma trena.

Em cada ensaio, foram registrados os tempos gastos em cada percurso, para determinação da velocidade, com um cronômetro digital. A capacidade de campo efetiva foi calculada pela Equação 2.

Equação 2

$$CCE = \frac{L \times V \times e_f}{10}$$

em que:

- CCE = capacidade de campo efetiva, ha h⁻¹;
- L = largura útil de trabalho da semeadora, m;
- V = velocidade real de deslocamento do conjunto, km h⁻¹;
- e_f = eficiência de campo, decimal.

Para complementar o monitoramento e a análise da qualidade da operação, foi utilizado como auxílio à interpretação dos resultados, os valores específicos para cada indicador de qualidade avaliado (Tabela 1).

A patinagem da roda de acionamento depende do tipo da roda, umidade e preparo do solo e da velocidade de operação, variando em valores aproximados de 4% de patinagem para rodas de borracha ranhurada, 8% para rodas de borracha lisa e 12% para rodas de ferro liso (Balastreire, 2007). Já para Weber et al. (2001) a faixa de patinagem fica entre 3,2 e 8,8%.

A capacidade de campo efetiva foi determinada por meio da largura útil de trabalho da semeadora e sua velocidade de deslocamento medida no campo, considerando-se, segundo a ASAE (1997), uma eficiência de campo de 60-80%. Em cada tiro de amostragem havia uma área de estabilização de distribuição de 3 metros no início do tiro. Foram contabilizadas as revoluções da roda

motora da semeadora e o tempo para completar o circuito, para determinação da velocidade, com um cronômetro digital. Observou-se que o conjunto se deslocou com velocidades de 1,47 e 1,78 m s⁻¹ (5,3 e 6,4 km h⁻¹), nas áreas sob semeadura convencional e direta, respectivamente.

Diante desses valores de patinagem, velocidade e eficiência de campo foram determinados os LEI e LES, para cada variável de desempenho.

O delineamento experimental utilizado foi estabelecido conforme as análises de controle de qualidade, sendo o monitoramento das variáveis de desempenho da semeadora-adubadora coletados durante a semeadura da soja em outubro de 2014. Ao final do período de avaliação foram coletados 120 pontos amostrais no total, sendo 60 pontos coletado por dia (em momentos aleatórios), para cada tipo de sistema de semeadura, em um período de dois dias, para cada tipo de variável analisada. O operador da máquina foi mantido o mesmo durante

os dias de avaliação, para representar melhores condições experimentais.

Por fim, a análise de qualidade foi realizada a partir destes pontos amostrais coletados, sendo então confeccionadas as cartas de controle de valores individuais por variáveis, permitindo analisar, interpretar e diagnosticar a ação de possíveis causas especiais no decorrer da semeadura, bem como relatar ou não a estabilidade do processo, visando à melhoria da operação.

Como análise inicial, os dados foram submetidos à estatística descritiva, para permitir a visualização

geral do seu comportamento. Esta análise assume os dados como sendo independentes entre si, não considerando a influência do local de amostragem e suas posições relativas. Por fim, a demonstração geral do comportamento dos dados foi realizada calculando-se as medidas de tendência central (média) e medida de dispersão (coeficiente de variação).

Tabela 1. Limites específicos para o desempenho da semeadora-adubadora.

Indicadores de qualidade	LEI	LES
Patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora (%)	8,0	12,0
Capacidade de campo efetiva (m ² s ⁻¹)	5,3	8,6

LEI – limite específico inferior; LES – limite específico superior.

A verificação da normalidade dos dados foi realizada pelo teste de Anderson-Darling, sendo uma medida de proximidade dos pontos e da reta estimada na probabilidade, conferindo maior rigidez à análise. Independente da suposição de normalidade apresentada, as cartas de controle podem ser utilizadas para análise da qualidade da operação, a fim de diminuir a variabilidade desta de acordo com Samohyl (2009) em virtude do elevado número de amostras.

As cartas de valores individuais devem ser implementadas para a análise das variáveis ou indicadores de qualidade que influenciam a qualidade dos itens ou do processo ao longo do tempo, que nesta situação se aplica em operações agrícolas mecanizadas, especificamente na avaliação do desempenho da semeadora-adubadora durante a semeadura de grãos.

A média geral dos valores individuais é definida, segundo Montgomery (2009), conforme a Equação 3, na qual:

$$\mu = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i}{n_t} \quad \text{Equação 3}$$

em que:

- μ = Média dos valores individuais;
- n_1 = Valor real do ponto amostral;
- n_t = Número total de observações.

Os limites de controle das cartas de valores individuais, podem ser calculados utilizando-se as equações 4 e 5. As cartas de controle de valores individuais foram calculadas e elaboradas utilizando-se a largura da faixa entre a média e os limites de controle (múltiplos do desvio padrão), com o valor 1, 2 e 3 σ . No entanto, este modelo de carta de controle atua no monitoramento, análise, detecção e eliminação de possíveis fatores externos atuantes na operação, sendo uma importante

ferramenta de auxílio na tomada de decisão, melhorando as atividades gerenciais.

Após a definição de qual valor múltiplo do desvio padrão utilizar, foi realizada a análise e interpretação das cartas de controle, para fins de monitorar, verificar e eliminar as fontes de variações externas que tornam o processo instável ou não previsível, bem como relacionar os limites calculados com os específicos.

$$LSC = \mu + L \cdot \sigma \quad \text{Equação 4}$$

$$LIC = \mu - L \cdot \sigma \quad \text{Equação 5}$$

em que,

- LSC = Limite superior de controle;
- LIC = Limite inferior de controle;
- μ = Média dos valores individuais;
- σ = Desvio padrão;
- L = Largura da faixa entre a média e os limites de controle.

Resultados e discussão

A patinagem dos rodados motrizes da semeadora-adubadora apresentou distribuição

normal de probabilidade de acordo com o teste Anderson-Darling, tanto no sistema de semeadura convencional quanto no sistema de semeadura

direta, podendo esta situação ser confirmada pelo valor do teste ser próximo à zero, apesar do maior coeficiente de variação, em comparação com a capacidade de campo efetiva (Tabela 2).

O sistema de semeadura convencional proporciona valores menores para o parâmetro coeficiente de variação, porém maior patinação das rodas da semeadora-adubadora do que no sistema de semeadura direta. Isso pode ser explicado pelo fato de que, na semeadura convencional, a área é toda sistematizada por meio de gradagens pesadas e leves, que têm por objetivo deixar a área uniforme para a semeadura; resultados semelhantes foram observados por Vale et al. (2008), Vale et al. (2009) e por Vale et al. (2014).

Ressalta-se ainda que a capacidade de campo efetiva foi o indicador de qualidade com menor coeficiente de variação calculado, em relação à patinação dos rodados motrizes da semeadora-adubadora, podendo neste caso ser observada a homogeneidade do grupo de dados (Tabela 2).

Por outro lado, o indicador de qualidade, capacidade de campo efetiva apresenta curva de distribuição não normal, em virtude de não haver uma oscilação dos dados ao redor da reta estimada pelo teste de normalidade, nos dois sistemas de semeadura. O teste de Anderson-Darling tem valores grandes, muito distantes de zero e os valores p são menores do que a significância de 5% (0,05), portanto não é aceita a hipótese nula de normalidade. Em função da comprovação da não normalidade dos dados, o desvio padrão não é uma medida confiável para análise da variabilidade dos dados (Song et al., 2002). Isto neutraliza o poder dos gráficos de controle (Kourti, 2005) e dos índices cp e cpk. Porém, esta distribuição não normal não é um indicativo de que este indicador de qualidade, do desempenho da semeadora-adubadora, está operando sob mau funcionamento, sendo, portanto, passível de ser analisado e monitorado com confiabilidade.

Tabela 2. Teste de distribuição normal de probabilidade e parâmetros da estatística descritiva para os indicadores de qualidade da semeadora-adubadora.

Indicadores de qualidade	Semeadura Convencional				
	\bar{x}	CV	Anderson-Darling	p-Valor	CCV
Patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora (%)	10,7	14,3	0,400 ^N	0,353	Baixo
Capacidade de campo efetiva (m ² s ⁻¹)	6,2	6,8	2,718 ^A	<0,005	Baixo
Indicadores de qualidade	Semeadura Direta				
	\bar{x}	CV	Anderson-Darling	p-Valor	CCV
Patinagem das rodas motrizes da semeadora-adubadora (%)	7,3	25,2	0,472 ^N	0,236	Médio
Capacidade de campo efetiva (m ² s ⁻¹)	6,9	7,2	3,762 ^A	<0,005	Baixo

\bar{x} – Média geral; CV (%) – coeficiente de variação; AD – valor do teste de normalidade de Anderson-Darling; p-Valor – valor da distribuição de probabilidade ($p > 0,05$); N – distribuição normal de probabilidade; A – distribuição não normal de probabilidade; CCV – classificação do coeficiente de variação de acordo com Pimentel-Gomes e Garcia (2002).

Segundo Schafer et al. (2012) independentemente da suposição de normalidade do grupo de dados, torna-se possível a utilização das cartas de controle Shewhart, porém, a análise e interpretação do processo deve ser feita com maior critério para haver melhor confiabilidade dos resultados sobre o nível de qualidade do processo. Para saber os efeitos da não normalidade nas cartas de controle de valores individuais, erros do tipo I e II e como minimizar as fontes de variação do conjunto de dados, pode se consultar Korzenowskia e Werner (2012).

Os gráficos de patinação dos rodados motrizes da semeadora-adubadora são apresentados nas Figuras 1 (a, b, c), 2 (a, b,c); foi utilizada a metodologia de gráficos de controle para a média e desvio padrão amostral (Montgomery, 2004). Esta metodologia determina a construção dos gráficos de controle em função da média amostral que define a linha central e de limites superior e inferior calculados em função do desvio padrão.

Para o indicador de qualidade patinação dos rodados motrizes da semeadora-adubadora, o processo pode ser considerado instável para as cartas de controle que possuem os valores um (1σ)

(Figuras 1a e 2a) e dois (2σ) (Figuras 1c e 2c), como múltiplos do desvio padrão. No sistema de semeadura convencional, a quantidade de pontos fora dos limites de controle para este indicador de qualidade foi de 43,3; 8,3 e 0% para os valores um, dois e três múltiplos do desvio (L) em relação à média, respectivamente.

Nota-se que todos os pontos se apresentaram dentro dos limites de controle (Figura 1c), devido ao elevado valor de desvio padrão, que ampliou os limites inferior e superior de controle.

Os valores da patinação obtidos na semeadura convencional estão acima dos observados por Balastreire (2007), Oliveira et al. (2000), Casão Júnior et al. (2000), e Weber et al. (2001) e abaixo dos valores observados por Garcia et al. (2011).

Para o indicador de qualidade patinação dos rodados motrizes da semeadora-adubadora na operação de semeadura direta (Figuras 2a, 2b e 2c), a carta de valores individuais mostra que a média dos valores, durante a operação, ficou em 7,26%, valor esse abaixo do valor médio do limite específico de controle (8-12%).

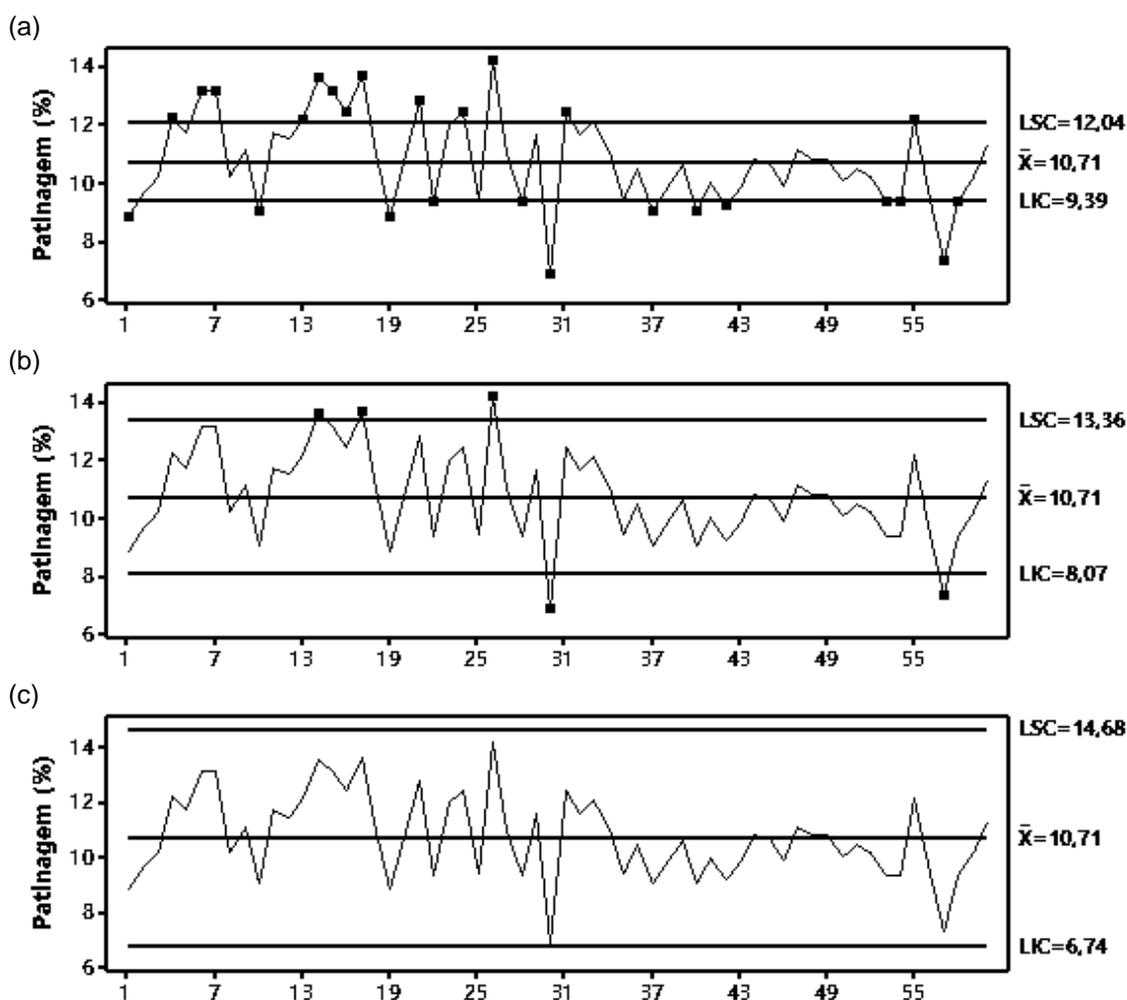


Figura 1. Cartas de controle para a patinagem dos rodados motrizes da semeadora-adubadora, no sistema de semeadura convencional. (a, b, c) Carta de valores individuais. LSC: limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle. Limites de controle elaborados com valores múltiplos do desvio padrão (a) 1 σ , (b) 2 σ e (c) 3 σ .

Na semeadura direta (Figuras 2a, 2b e 2c), a quantidade de pontos fora dos limites de controle para este indicador de qualidade foi de 50, 8,3 e 0% para os valores um, dois e três múltiplos do desvio (L) em relação à média, respectivamente.

Nota-se que todos os pontos se apresentaram dentro dos limites de controle (Figura 2c), devido ao elevado valor de desvio-padrão, que ampliou os limites inferior e superior de controle.

Os valores da patinagem obtidos na semeadura direta estão de acordo com os observados por Weber et al. (2001) e Bortolotto et al. (2006) e abaixo dos valores observados por Vale et al. (2010a 2010b).

No caso da semeadura convencional os limites superiores de controle (13,36 e 14,68 %) vão se distanciando muito do limite específico superior (12%). Evidenciando que para essa situação as cartas de controle que possuem os valores dois (2 σ) (Figura 1b) e três (3 σ) (Figura 1c), como múltiplos do desvio padrão, não são as ideais para serem usadas.

Na semeadura direta os limites superiores de controle (8,74 e 10,22%) estão muito abaixo do limite específico superior (12%). Evidenciando que para essa situação as cartas de controle que possuem os valores um (1 σ) (Figura 2a) e dois (2 σ) (Figura 2b), como múltiplos do desvio padrão, não são as ideais para serem usadas.

A partir desta consideração, ao se optar por se utilizar o valor de número dois (2 σ), e três (3 σ), na semeadura convencional, e um (1 σ), e dois (2 σ), nas semeaduras diretas, em associação com o desvio padrão, pode-se incorrer aos erros tipo II e I, respectivamente. Esta situação, não retrata o verdadeiro desempenho do processo avaliado, uma vez que a tomada de decisão a partir da utilização dos mesmos, sem o critério de escolha sobre qual o limite de controle que seria melhor para cada variável, pode tornar o gerenciamento da operação inadequado e diminuir o nível de qualidade da operação.

Considerando-se os fatores 6 M's (matéria prima, mão de obra, método, máquina, medição e meio ambiente) a instabilidade do processo pode

ser explicada, nesse caso, pelos fatores método e medição, uma vez que a determinação da patinagem pelo método da distância apresenta menor precisão se comparado aos métodos de sensoriamento (Corrêa et al., 1999), além do que a medição no caso pode ser influenciada pela fadiga dos avaliadores no decorrer do processo.

Nota-se que os valores apresentados nesses pontos foram discrepantes dos demais, o que pode caracterizar uma instabilidade do processo ou ser apenas um caso de influência

externa, denominada por Toledo et al. (2008) como outlier. Esses outliers são pontos incomuns que se apresentam distantes das demais observações, afastados da média, podendo estar acima ou abaixo da mesma, tanto para a variável resposta como para explicativa, podendo ser considerado potencialmente como valores que não representam o verdadeiro comportamento do conjunto de dados, mas ocorreram no processo e devem ser investigados.

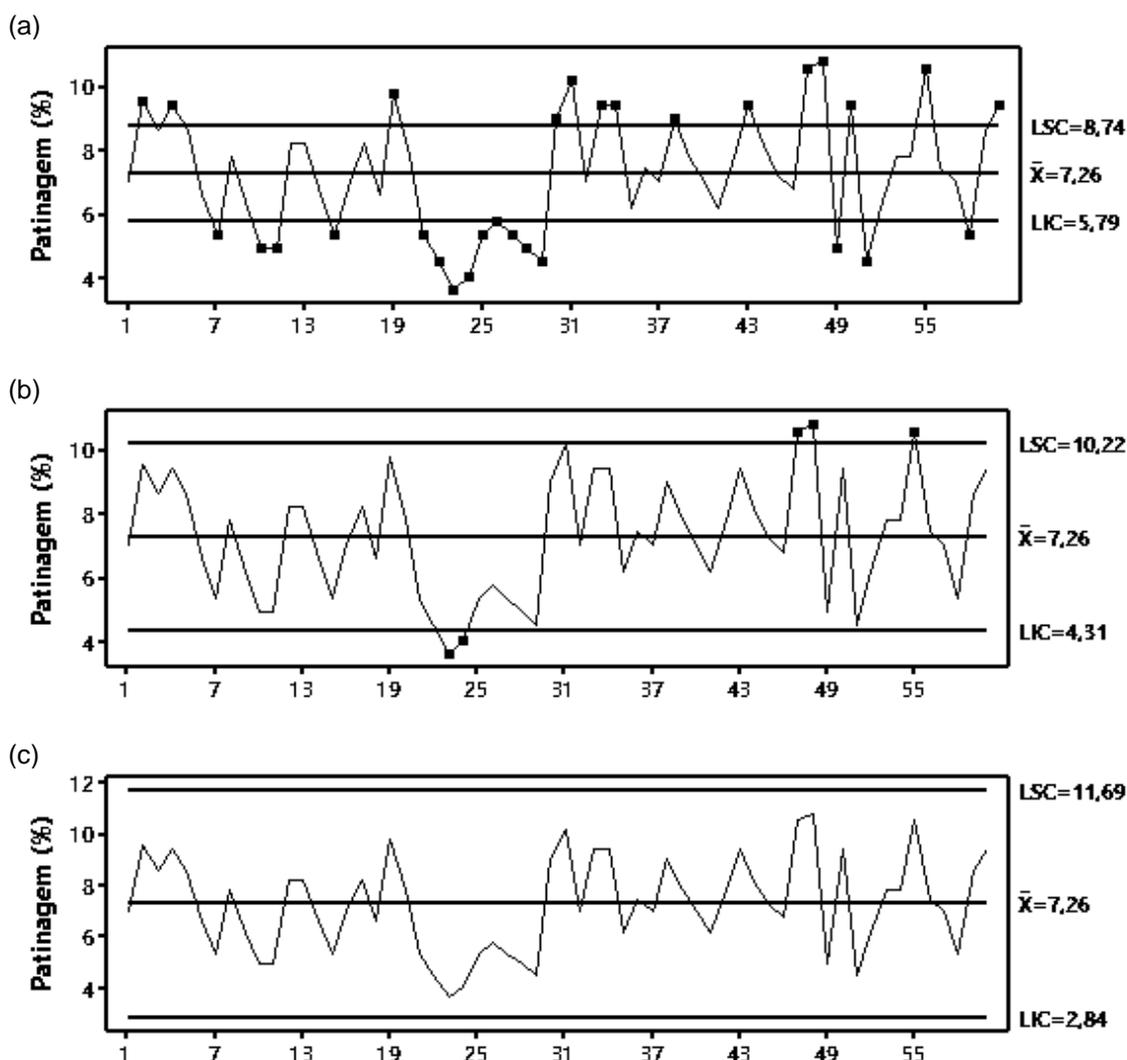


Figura 2. Cartas de controle para a patinagem dos rodados motrizes da semeadora-adubadora, no sistema de semeadura direta. (a, b, c) Carta de valores individuais. LSC: limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle. Limites de controle elaborados com valores múltiplos do desvio padrão (a) 1σ , (c) 2σ e (e) 3σ .

Os gráficos da capacidade de campo efetiva são apresentados nas Figuras 3 (a, b, c) e 4 (a, b, c).

Para o indicador de qualidade capacidade de campo efetiva, o processo pode ser considerado instável para as cartas de controle que possuem os valores um (1σ) (Figuras 3a) e dois (2σ) (Figuras 3b), como múltiplos do desvio padrão. No sistema de semeadura convencional, a quantidade de pontos fora dos limites de controle para este indicador de qualidade foi de 30; 21,7 e 1,7% para

os valores um, dois e três múltiplos do desvio (L) em relação à média, respectivamente.

Nota-se que todas as cartas apresentaram pontos fora dos limites de controle (Figuras 3a, 3b e 3c), mesmo com o elevado valor de desvio-padrão, que ampliou os limites inferior e superior de controle. Na carta de valores individuais (Figura 3c) observou-se um ponto fora dos limites de controle, causado por um aumento brusco na capacidade de campo efetiva entre os pontos 16 e 18, possivelmente devido a alguma irregularidade no

terreno, o que caracterizou o processo como instável. Excetuando-se esse ponto fora de controle, constata-se que a variabilidade do processo se manteve dentro de uma faixa aceitável, e que no caso da capacidade de campo efetiva, esse valor só seria ruim, se estivesse abaixo do limite específico de controle ($5,3 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$), como não está podemos considerar o processo estável.

Os valores da capacidade de campo efetiva obtidos na semeadura convencional estão abaixo dos valores observados por Chaplin et al. (1988) e Furlani et al. (2005).

Para o indicador de qualidade capacidade de campo efetiva na operação de semeadura direta (Figuras 4a, 4b e 4c), a carta de valores individuais mostra que a média dos valores, durante a operação, ficou em $6,94 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, valor esse bastante próximo ao valor médio do limite de controle ($6,95 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$).

Para o indicador de qualidade capacidade de campo efetiva na operação de semeadura convencional (Figuras 3a, 3b e 3c), a carta de valores individuais mostra que a média dos valores, durante a operação, ficou em $6,23 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, valor esse bastante próximo ao valor médio do limite específico de controle ($6,95 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$).

Para o indicador de qualidade capacidade de campo efetiva, o processo pode ser considerado instável para a carta de controle que possui o valor um (1σ) (Figuras 4a), como múltiplos do desvio

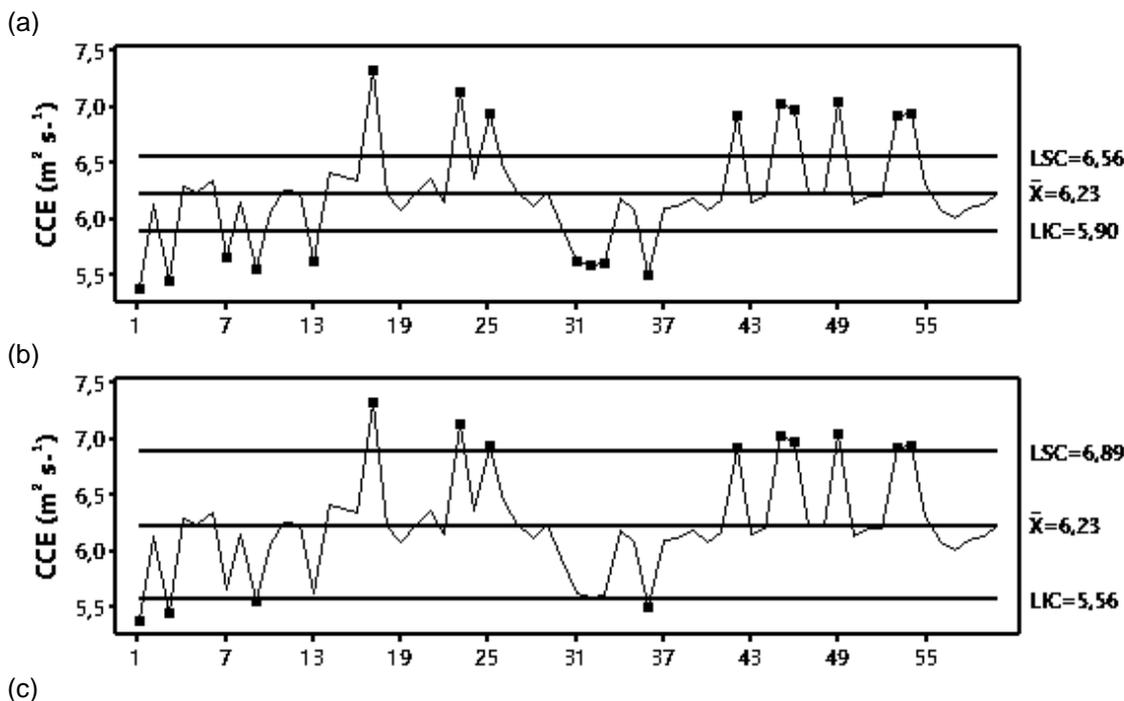
padrão. No sistema de semeadura direta, a quantidade de pontos fora dos limites de controle para este indicador de qualidade foi de 40; 0 e 0% para os valores um, dois e três múltiplos do desvio (L) em relação à média, respectivamente.

Nota-se que somente uma a carta apresentou pontos fora dos limites de controle (Figuras 4a). Nas cartas de valores individuais (Figura 4b e 4c) não se observou ponto fora dos limites de controle, o que caracterizou o processo como estável.

Os valores da capacidade de campo efetiva obtidos na semeadura direta estão abaixo dos valores observados por Chaplin et al. (1988) e Furlani et al. (2005).

A oscilação dos valores da capacidade de campo efetiva ao longo da operação de semeadura de soja, nos dois sistemas de semeadura, possui todos os valores amostrais, entre os limites específicos superior e inferior de controle (Tabela 1).

Na semeadura convencional os limites superiores de controle ($6,56$ e $6,89 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) estão muito abaixo do limite específico superior ($8,6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$). Evidenciando que para essa situação as cartas de controle que possuem os valores um (1σ) (Figura 3a) e dois (2σ) (Figura 3b), como múltiplos do desvio padrão, não são as ideais para serem usadas.



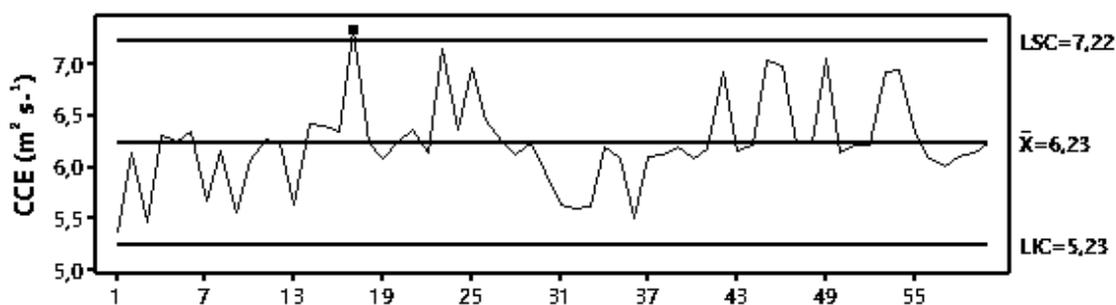


Figura 3. Cartas de controle para a capacidade de campo efetiva, no sistema de semeadura convencional. (a, c, e) Carta de valores individuais. LSC: limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle. Limites de controle elaborados com valores múltiplos do desvio padrão (a) 1σ , (c) 2σ e (e) 3σ .

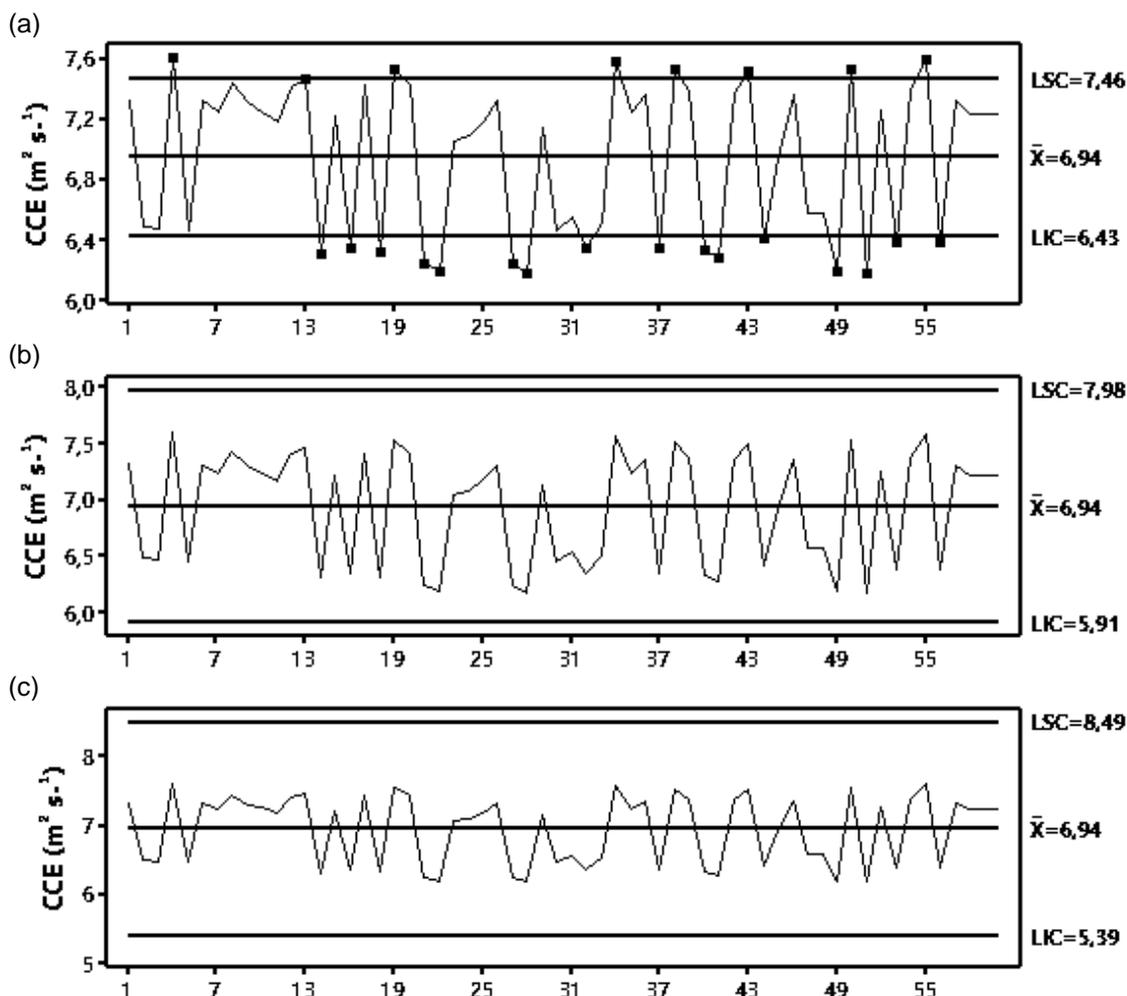


Figura 4. Cartas de controle para a capacidade de campo efetiva, no sistema de semeadura direta. (a, b, c) Carta de valores individuais. LSC: limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle. Limites de controle elaborados com valores múltiplos do desvio padrão (a) 1σ , (c) 2σ e (e) 3σ .

Na semeadura direta os limites superiores de controle ($7,46$ e $7,98\text{ m}^2\text{ s}^{-1}$) estão abaixo do limite específico superior ($8,6\text{ m}^2\text{ s}^{-1}$). Evidenciando que para essa situação as cartas de controle que possuem os valores um (1σ) (Figura 4a) e dois (2σ) (Figura 4b), como múltiplos do desvio padrão, não são as ideais para serem usadas.

A partir desta consideração, ao se optar por se utilizar o valor de número um (1σ), dois (2σ) e três (3σ), nos dois sistemas de semeadura, em associação com o desvio padrão, pode-se incorrer

ao erro tipo I. Esta situação, não retrata o verdadeiro desempenho do processo avaliado, uma vez que a tomada de decisão a partir da utilização dos mesmos, sem o critério de escolha sobre qual o limite de controle que seria melhor para cada variável, pode tornar o gerenciamento da operação inadequado e diminuir o nível de qualidade da operação.

Conclusão

A maior probabilidade de ocorrer o erro do tipo I é apresentada para todos os indicadores de qualidade que utilizam o valor um (1σ) e dois (2σ) como múltiplo do desvio padrão.

A patinação das rodas motrizes da semeadora-adubadora, tanto na semeadura convencional quanto na semeadura direta podem ser avaliadas utilizando o valor múltiplo do desvio padrão de número três (3σ).

A capacidade de campo efetiva no sistema de semeadura convencional pode ser avaliada utilizando valor múltiplo do desvio padrão de número três (3σ). Já na semeadura direta pode ser avaliada utilizando valor múltiplo do desvio padrão de número dois (2σ).

Referências

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). Terminology and definitions for agricultural tillage implements. In: ASAE standards 1997: standards engineering practices data. St. Joseph, p. 254-75, 1997.

BALASTREIRE, L.A. Máquinas agrícolas. 3.ed. Piracicaba, 307 p., 2007.

BORTOLOTTI, V.C.; PINHEIRO NETO, R.; BORTOLOTTI, M.C. Demanda energética de uma semeadora-adubadora para soja sob diferentes velocidades de deslocamento e coberturas de solo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, p.122-130, abr. 2006.

CAMPOS, C.M.; MILAN, M.; SIQUEIRA, L.F.F. Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção de cana-de-açúcar. Engenharia Agrícola, v. 28, n. 03, p. 554-564, 2008.

CASÃO JÚNIOR, R.; ARAUJO, A. G.; RALISH, R. Desempenho da semeadora adubadora Magnum 2850 em plantio direto no basalto paranaense. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.3, p.523-32, 2000.

CHAPLIN, J.; JENANE, C.; LUEDERS, M. Drawbar energy use for tillage operations on Loamy sand. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.31, p.1692-1694, 1988.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sétimo levantamento, abril 2016. Brasília: CONAB, 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_07_10_39_11_boletim_graos_abril_2016.pdf> Acesso em: 26 de abril de 2016.

CORRÊA, I.M.; MAZIERO, J.V.G.; YANAI, K.; LOPES, A. Técnicas de determinação da patinação das rodas motrizes de tratores agrícolas. Campinas: Instituto Agrônomo, 15p., 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 212p., 1997.

FURLANI, C.E.A.; LOPES, A.; SILVA, R.P. Avaliação de semeadora adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.2, p.458-464, 2005.

GAMERO, C.A.; LANÇAS, K.P. Ensaio e certificação das máquinas de mobilização periódica do solo. In: MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas: ensaios e certificação. Piracicaba: FEALQ, Cap. 9, p. 463-514, 1996.

GARCIA, R.F.; VALE, W.G.; OLIVEIRA, M.T.R.; PEREIRA, E.M.; AMIM, R.T.; BRAGA, T.C. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. Acta Scientiarum. Agronomy (Online), v. 33, p. 411-416, 2011.

HELMAN, H.; ANDERY, P.R.P. Análise de Falhas: (Aplicação dos métodos de FMEA e FTA). Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 156 p., 1995. KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 478 p., 1948.

KORZENOWSKIA, A.L.; WERNERB, L. Probabilidade do erro do tipo I nas cartas de e de Shewhart sob não normalidade. Produção, v.22, n.4, p.807-816, 2012.

KOURTI, T. Applications of latent variable methods to process control and multivariate statistical process control in industry. International Journal of Adaptive Control and Signal Processing, v. 19, n. 04, p. 213-246, 2005.

MILAN, M.; FERNANDES, R.A.T. Qualidade das operações de preparo de solo por controle estatístico de processo. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.59, n.2, p.261-6, 2002.

MONTGOMERY, D.C. Introdução ao controle estatístico da qualidade. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC. p. 100 – 200, 2009.

MONTGOMERY, D.C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade. 4. Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 513 p, 2004.

OLIVEIRA, M.L.; VIEIRA, L.B.; MANTOVANI, E.C.; SOUZA, C.M.; DIAS, G.P. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, p. 1455-63, 2000.

- SAMOHYL, R.W. Controle Estatístico de Qualidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- SCHAFER, W.D.; COVERDALE, B.J.; LUXENBERG, H.; JIN, Y. Quality control charts in large-scale assessment programs. *Practical Assessment, Research and Evaluation*, v.16, n.15, p. 1-7, 2012.
- SONG, K. et al. Partial least square based model predictive control for large scale manufacturing process. *IIE Transactions*, v. 34, n. 10, p. 881-890, 2002.
- TOLEDO, A.; TABILE, R.A.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E. A.; MAGALHÃES, S.C.; COSTA, B.O. Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada de soja. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 28, n. 4, p. 710-719, out./dez. 2008.
- VALE, W.G.; Garcia, R.F.; CORREA JUNIOR, D. ; Gravina, G.A. ; SOUZA, E.F. Operational and energetic performance of an agricultural tractor during direct and conventional sowing. *Scientific Electronic Archives*, v. 7, p. 65-76, 2014.
- VALE, W.G.; GARCIA, R.F.; THIEBAUT, J.T.L.; AMIM, R.T.; TOURINO, M.C.C. Desempenho e dimensionamento amostral para avaliação de uma semeadora-adubadora em plantio direto e convencional. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 30, n. 4, p. 441-448, 2008.
- VALE, W.G.; Garcia, R.F.; Thiebaut, J.T.L.; Gravina, G.A. Caracterização estatística de variáveis usadas para ensaiar uma semeadora adubadora em semeadura direta e convencional. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 31, p. 559-567. 2009.
- VALE, W.G.; GARCIA, R.F.; VASCONCELOS JÚNIOR, J.F.S.; FERNANDES, P.G.; AZEVEDO, E.B.; KLAVER, P.P.C. Desempenho de conjunto trator e semeadora-adubadora na semeadura direta de *Crotalaria juncea*. *Global Science and Technology*, v. 03, n.02, p. 78-86, 2010b.
- VALE, W.G.; GARCIA, R.F.; CORRÊA JÚNIOR, D.; GRAVINA, G.A.; KLAVER, P.P.C.; VASCONCELOS JÚNIOR, J.F.S. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora direta. *Global Science and Technology. Rio Verde*, v.3, n.3, p.67-74, 2010a.
- VOLTARELLI, M.A. Ferramentas da qualidade na colheita mecanizada de cana-de-açúcar. 2015. 149 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.
- WEBER, C.J.; GALLINA, F.; Reis, A.V.; FORCELLINI, F.A. Modelamento e simulação dos erros da cadeia cinemática de acionamento e do disco dosador em semeadoras de precisão. *CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, 30., Foz do Iguaçu. Anais... Cascavel: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1 CD-ROM, 2001.
- ZANINI, R.R. Utilização dos gráficos de controle: uma aplicação na área de saúde. 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.