

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**MAPEAMENTO DA QUALIDADE DE SEMEADURA DA
CULTURA DO MILHO**

Alex Junior Assis de Souza

Ulysses Dias de Almeida

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2016**

MAPEAMENTO DA QUALIDADE DE SEMEADURA DA CULTURA DO MILHO

Alex Junior Assis de Souza

Ulysses Dias de Almeida

Orientador: PROF. DR. JORGE WILSON CORTEZ

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados,
como parte das exigências do Curso de
Graduação em Engenharia Agrícola.

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

A447m Almeida, Ulysses Dias De

MAPEAMENTO DA QUALIDADE DE SEMEADURA DA CULTURA
DO MILHO / Ulysses Dias De Almeida, Alex Junior Assis de Souza --
Dourados: UFGD, 2016.

29f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Jorge Wilson Cortez

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola) -Faculdade de Ciências Agrárias,
Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. estande de plantas. 2. milho. 3. qualidade sementeira. 4. distribuição de
sementes. I Alex Junior Assis de Souza II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**MAPEAMENTO DA QUALIDADE DE SEMEADURA DA
CULTURA DO MILHO**

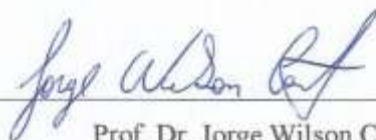
Por

Alex Junior Assis de Souza

Ulysses Dias de Almeida

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do grau de Bacharel em ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovado em 26/09/2016.



Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez

Orientador – UFGD/FCA



Prof. Dr. Eber Augusto Ferreira do Prado

UFGD/FCA



Eng. Agrícola, Mestre, Sálvio Napoleão Soares Arcoverde

Doutorando - UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, aos amigos e a nossa família, sem os quais não chegaríamos ao fim dessa caminhada;

Aos mestres que sempre tiveram papel fundamental em nossa formação e em especial o professor Jorge Wilson Cortez, por não ter medido esforços em ajudar, sem o qual com certeza o resultado obtido não seria o mesmo.

Obrigado!

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 Agricultura de precisão	9
2.2 Qualidade da sementeira	10
2.3 Geoestatística	11
2.4 Ferramentas de qualidade.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Caracterização da área experimental.....	13
3.2 Georreferenciamento dos pontos amostrais	14
3.3 Atributos.....	14
3.3.1 Estande de plantas.....	14
3.3.2 Distribuição longitudinal	14
3.4 Análise dos dados.....	15
3.4.1 Estatística descritiva	15
3.4.2 Geoestatística	15
3.4.3 Controle estatístico de qualidade	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 Estatística descritiva.....	17
4.2 Análise espacial.....	19
4.3 Controle estatístico de qualidade	21
5 CONCLUSÕES	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

SOUZA, A. J. A. DE; ALMEIDA, U. D. DE. **Mapeamento da qualidade de semeadura da cultura do milho**. 2016. 29f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

RESUMO

O incremento de tecnologia no campo, por meio de semeadoras e tratores modernos, permite em muito dos casos o aumento da velocidade de semeadura. No entanto, este avanço deve beneficiar a semeadura, de modo a depositar no solo a semente de maneira adequada, tanto em profundidade como em quantidade. Assim, objetivou-se mapear e avaliar a qualidade da semeadura da cultura do milho. Foi realizada a coleta de dados em uma área comercial em que foram alocados 50 pontos amostrais, sendo a coleta em cada ponto com três replicações. Foram avaliados o estande e a distribuição longitudinal de plantas. Os dados foram analisados Por meio das ferramentas estatística descritiva, geoestatística e controle estatístico de qualidade (CEQ). A distribuição longitudinal normal atingiu a meta de 60 % de espaçamentos normais para a semeadora-adubadora mecânica. O CEQ demonstrou instabilidade para estande de plantas e controle dos espaçamentos. O CEQ e a dependência espacial para as classes de espaçamentos indicam regularidade na distribuição da semeadora-adubadora, distância e número de amostras satisfatórias para futuras avaliações da distribuição longitudinal de plantas da cultura do milho na área.

Palavras-chave: agricultura de precisão, controle estatístico de qualidade, cartas de controle

SOUZA, A. J. A. DE; ALMEIDA, U. D. DE. **Mapping quality sowing of maize.** 2016. 29f. Monograph (Undergraduate Agricultural Engineering), Federal University of Grande Dourados, Dourados, MS.

ABSTRACT

The increase in the technology field by sowing and modern tractors, allows much cases the higher seeding speed. However, this advance should benefit from seeding, so as to deposit the seed in the soil in an appropriate manner, both in depth and in quantity. Thus, the aim was to map and assess the quality of sowing of maize. Data collection was carried out in a commercial area in which they were allocated 84 sampling points, and collection at each point with three replications. They evaluated the plant stand and longitudinal distribution of plants. Data were analyzed using descriptive statistics, geostatistics and statistical quality control (SQC). Normal longitudinal distribution has not reached the target of 90% of normal spacing for precision seeder. The SQC has shown instability for plant stand and control of spacings. The SQC and the spatial dependence for spacings classes indicates regularity in the distribution of seeder, distance and number of satisfactory samples for future evaluations of the longitudinal distribution of maize plants in the area.

Keywords: precision agriculture, statistical quality control, control charts.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é uma das culturas mais cultivadas em todo o mundo, participando de maneira significativa como alimento devido às suas qualidades nutricionais. Atualmente, o investimento em pesquisa e tecnologia elevou o potencial produtivo do Brasil a um patamar importante. Em todas as regiões brasileiras, existem empresários rurais que já obtiveram produtividades de milho superiores a 12 Mg ha⁻¹ (200 sacos de 60 kg ha⁻¹), não sendo raros aqueles que produzem mais do que 14 Mg ha⁻¹. Entretanto, as produtividades médias obtidas por outros agricultores nessas regiões são bem inferiores, demonstrando uma grande diferença entre os sistemas de produção em uso e o potencial de produtividade (EMBRAPA, 2011).

O estande de plantas, também chamado de população de plantas, tem sido muito estudado pelas empresas e instituições, pois é um dos fatores de maior influência na produtividade. Um correto estande de plantas é alcançado por meio de uma boa qualidade de semeadura associado ao manejo para preservação das plantas, evitando-se a perda de plantas e o desenvolvimento de plantas irregulares (dominadas). O arranjo de plantas pode interferir sobre o crescimento e desenvolvimento do milho mediante variações na densidade populacional, no espaçamento entre linhas e na distribuição espacial e temporal de indivíduos na linha (ARGENTA et al., 2001).

A análise de dados obtidos em condições de campo tem apresentado dificuldades nas diversas áreas da ciência, devido à variabilidade espacial. Em áreas cultivadas, além da variabilidade natural do solo e plantas existem fontes adicionais de variabilidade devidas ao relevo, manejo exercido pelo homem e máquinas, cultivo em linhas, aplicação localizada de fertilizantes entre outros (JOHNSON et al., 1996; SOUZA et al., 1997; OLIVEIRA, 2007). A uniformidade de distribuição das sementes é uma das características que mais contribui para a obtenção de estandes de plantas satisfatórios, e boa produtividade das culturas (SANTOS et al., 2011; SANGOI et al., 2012).

Portanto, objetivou-se mapear e avaliar a qualidade da semeadura da cultura do milho em uma área comercial, por meio das ferramentas a estatística descritiva, a geoestatística e o controle estatístico de qualidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Agricultura de precisão

A agricultura de precisão (AP) é uma estratégia de manejo do solo e das culturas que busca fazer o melhor uso de insumos, tais como fertilizantes e defensivos, considerando a heterogeneidade das lavouras. Atrelado à economia ou uso mais eficiente de insumos, a agricultura de precisão apresenta importância para a preservação ambiental. A utilização racional de insumos vai além do propósito de obter lucro ou evitar prejuízos, haja vista que possibilita um controle da quantidade de insumos que estão sendo lançados ao meio ambiente. Assim, a aplicação de doses mais precisas de fertilizantes, por exemplo, permite que a planta tenha à sua disposição a quantidade de nutrientes que realmente necessita, sem excessos ou faltas, e que esta possa, então, expressar ao máximo seu potencial produtivo.

Para Molin (2001) o manejo regionalizado do solo e das culturas é viável se ocorrem manchas na lavoura e, conforme havia comentado Mulla & Schepers (1997), sem variabilidade, o conceito de agricultura de precisão tem pequeno significado e nunca teria sido desenvolvido. Pierce & Nowak (1999) salientaram a necessidade de se descrever claramente as propriedades e processos que afetam significativamente o desenvolvimento vegetal de acordo com o seu ambiente biofísico e o sistema de produção.

Segundo McLaughlin & Lapen (2007) e Pierce & Nowak (1999), o sucesso da agricultura de precisão requer o delineamento de zonas de manejo apropriadas, definidas sobre diferentes propriedades do solo medidas espacialmente, tais como topografia, textura, condutividade elétrica e teor de nitrogênio no solo.

Por fim, é incorreto dizer que a meta da AP seja uniformizar a produtividade por meio de todo o campo, mas sim, perceber a produtividade potencial e a qualidade da cultura com o incremento do retorno econômico de todas as partes de um campo.

2.2 Qualidade da sementeira

De acordo com Kurachi et al. (1989), a distribuição das plantas na linha deve ser uniforme e as distâncias entre elas deve atender ao número agronomicamente recomendado de plantas ha^{-1} .

Em estudo sobre o espaço livre entre os orifícios de discos dosadores e sementes de milho na eficiência de sementeira, Santos et al. (2003) observaram que a uniformidade de distribuição é afetada pela porcentagem de espaço livre entre as sementes e os orifícios dos discos. Os mesmos autores concluem que a melhor uniformidade de distribuição foi obtida com o espaço livre mínimo, médio e máximo entre as sementes e orifícios de 20%, 38% e 55%, respectivamente.

Os mecanismos dosadores são responsáveis por quantificarem as sementes que foram distribuídas, levando-as da parte interna do depósito até o tubo de distribuição, o qual permite a obtenção da densidade de sementes desejadas, proporcionando às sementes o mínimo de danos (SILVA, 2000).

Silva et al. (2000) asseguram que durante o deslocamento dentro do tubo as sementes sofrem vibrações provocadas pela movimentação da máquina, fazendo com que o tempo de queda livre das sementes até o solo seja alterado, trazendo como consequência a não uniformidade no espaçamento no sulco de sementeira. Os autores ressaltam ainda que a vibração associada a possibilidades de repiques das sementes, ao serem descarregadas no solo, são fortemente influenciadas pela velocidade de deslocamento da sementeira-adubadora.

Quando as sementes são liberadas do mecanismo dosador, adquirem queda livre, um componente vertical de velocidade por causa da aceleração da gravidade e um outro componente horizontal, decorrente da velocidade de avanço da sementeira. A componente horizontal faz com que as sementes rolem ou saltem para fora do local de destino quando do impacto com o solo. É desejável que se seja minimizado ou eliminado a componente horizontal, de modo que qualquer salto da semente seja unicamente vertical e que seja depositada regularmente no sulco. (PACHECO et al., 1996).

2.3 Geoestatística

A geoestatística surgiu para o estudo de variáveis regionalizadas, ou seja, o estudo de uma função espacial numérica, que varia de um local para outro, com continuidade aparente e cujos valores são relacionados com a posição espacial que ocupam. Oferece técnicas para elaboração de mapas do comportamento de variáveis georreferenciadas, utilizando o método de interpolação de informações a partir de dados obtidos em locais convenientemente amostrados e modelados em um semivariograma experimental.

Espera-se que os valores medidos em um determinado local estejam de alguma forma, em concordância com a sua distribuição espacial, sendo que, na média, as amostras mais próximas no tempo e espaço, devem ser mais semelhantes entre si do que aquelas tomadas a distâncias maiores. Para isto, a geoestatística teve como base os conceitos de função aleatória e estacionariedade de segunda ordem (MATHERON, 1963; ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989; VIEIRA et al., 2002).

Contudo, medições localizadas em distâncias maiores que a estabelecida pelo alcance tem distribuição espacial aleatória e por isso podem ser consideradas independentes entre si. Neste caso, a estatística clássica pode ser aplicada sem restrições. Por outro lado, amostras separadas por distâncias menores que o alcance é correlacionadas umas às outras, o que permite que se façam interpolações para espaçamentos menores do que os amostrados (SOUZA et al., 2001).

2.4 Ferramentas de qualidade

No setor agropecuário, a implantação da ferramenta de qualidade já é considerada uma nova forma de entender o processo. Deste modo, o contexto e as ferramentas de qualidade surgem como elemento facilitador na implantação de sistemas de qualidade tendo-se a melhoria contínua dos processos.

A verificação da qualidade de processos pode ser feita pelo controle estatístico de processo, que auxilia a detecção rápida de variações não-aleatórias, envolvendo o uso de técnicas estatísticas (MONTGOMERY, 1997). A carta de controle é uma técnica do controle estatístico de processo utilizada no monitoramento, pois reflete a variabilidade existente no sistema. Entre as vantagens citadas para seu uso

destacam-se: identificação de desvios resultantes de causas especiais, tornando o processo previsível em termos de atender ou não as especificações desejadas, e determinação da necessidade de alterações quando necessário (ANTUNES & ENGEL, 1999).

Segundo Juran & Godfrey (1999) as ferramentas e os métodos estatísticos têm contribuído de modo determinante para o planejamento e melhoria da qualidade e, em alguns casos específicos tais ferramentas são mais do que úteis, pois os problemas de qualidade simplesmente não podem ser solucionados por completo sem a sua adequada aplicação.

Os gráficos de controle têm como finalidade avaliar a estabilidade do processo estudado, verificando seus parâmetros; ao passo que o estudo de capacidade visa definir se um processo é capaz de produzir ou prestar serviços conforme as especificações estabelecidas pelo produtor. Almas (2003) ressalta que o fato de um processo estar dentro dos limites de controle estatístico não significa que os produtos resultantes atendem às especificações de qualidade exigidas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O trabalho foi conduzido em uma área comercial no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de W 54.8236, longitude de S 22.31333. O clima é do tipo CWa, segundo a classificação de Köppen, e o solo da área é um Latossolo Vermelho distroférico.

A variedade semeada foi a Status (Syngenta) de ciclo curto, semeada em 15 de março de 2015, com tratamento de semente Avicta Completo, a Status é uma semente de milho híbrido, com 98% de pureza e 85% de germinação mínima, com tecnologias RR e vip3, que proporcionam a planta proteção contra lagartas do tipo *Spodoptera – ssp*, *agrotis ípsilon* e *Elasmo palpus lignocellus*, além de ser resistente a glifosato.

A área foi semeada com um trator New Holland T7175, a velocidade média de 6,5km/h e utilizando uma semeadora mecânica da marca Baldan, com 13 linhas espaçadas em 0,9m entre linhas, caixa central de sementes, visando uma população de 50 mil plantas por hectare.

A área cultivada analisada, conforme Figura 1, foi de 81,96 hectares e foi dividida em 50 pontos amostrais.



FIGURA 1. Mapa da área experimental.

3.2 Georreferenciamento dos pontos amostrais

O georreferenciamento dos pontos amostrais para a análise de uniformidade de semeadura foi realizado pela utilização do aplicativo de GNSS disponível para o sistema operacional Android, chamado C7GPS Dados e C7GPS Malha, utilizando coordenadas decimais.

A distribuição de pontos amostrais para as análises de uniformidade de semeadura e coleta de amostras de solo foi feita em grade regular de 50 m² por célula. Esta grade regular com as respectivas coordenadas foi inserida no receptor, os pontos foram localizados na área a ser estudada e foi feita a identificação das linhas de semeadura para análise do coeficiente de variação (C.V.) de distribuição de plantas.

Em cada ponto foram analisadas três linhas de semeadura de dois metros de comprimento cada.

O georreferenciamento da distribuição dos dados coletados foi utilizado na confecção dos mapas para posterior análise.

3.3 Atributos

3.3.1 Estande de plantas

Foram coletadas amostras do número de plântulas de milho emergidas em dois metros consecutivos em cada ponto amostral.

3.3.2 Distribuição longitudinal

Na avaliação de distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos entre plântulas foi utilizado uma trena. A porcentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos foi obtida de acordo com as normas da ABNT (1984) e Kurachi et al. (1989), considerando-se porcentagens de espaçamentos: "duplos" (D): $<0,5 \text{ vez o } X_{\text{ref}}$ (x de referência) espaçamento de referência, normais" (A): $0,5 < X_{\text{ref}} < 1,5$, e "falhos" (F): $> 1,5 \text{ o } X_{\text{ref}}$.

3.4 Análise dos dados

3.4.1 Estatística descritiva

Inicialmente, os dados foram analisados por meio da estatística descritiva, segundo Vieira et al. (2002), obtendo-se média, variância, desvio padrão, mínimo, máximo, coeficiente de variação, assimetria e curtose. Foi utilizado o teste Anderson-Darling para verificar a normalidade dos dados.

3.4.2 Geoestatística

Para verificação da dependência espacial, interpolação dos dados e construção de mapas foi empregada a análise geoestatística. Foi construído o semivariograma, partindo das pressuposições de estacionaridade da hipótese intrínseca e do cálculo da função semivariância. Foi calculado o semivariograma para analisar a dependência espacial. O ajuste do semivariograma foi efetuado considerando-se o maior valor do coeficiente de determinação (r^2), menor valor da soma de quadrados dos desvios (RSS) e maior valor do avaliador de dependência espacial (ADE).

O semivariograma experimental fornece estimativas dos parâmetros: efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C$) e alcance. O efeito pepita (C_0) é o parâmetro do semivariograma que indica a variabilidade não explicada dos modelos, considerando a distância (h) de amostragem utilizada. O grau da dependência espacial (ADE) foi classificado segundo Landim (1998) como fraco <25%, moderado entre 25 e 75%, e forte >75%, respectivamente.

Em seguida à modelagem dos semivariogramas, foi realizada a interpolação por krigagem ordinária, sendo esta uma técnica de interpolação para estimativa de valores de uma propriedade em locais não amostrados. A krigagem faz uso de um interpolador linear não tendencioso e de variância mínima, que assegura a melhor estimativa dos dados não amostrados. Por meio da interpolação por krigagem, os mapas de isolinhas (bidimensionais) foram construídos para o detalhamento espacial dos dados coletados.

Os parâmetros em que não foi possível fazer a análise geoestatística e a krigagem foram interpolados utilizando o inverso da distância.

3.4.3 Controle estatístico de qualidade

Para averiguar a estabilidade do processo foi utilizado as cartas de controle a partir dos limites inferior de controle (LIC) e superior de controle (LSC) (TRINDADE et al. 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estatística descritiva

As estatísticas utilizadas para descrever os dados medidos de estande de plantas e classes de espaçamentos normal, falho e duplo estão apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1. Estatística descritiva dos dados de estande e distribuição longitudinal.

Parâmetros	Estande (plantas por metro)	Distribuição longitudinal		
		Normal (%)	Falho (%)	Duplo (%)
Média	4,14	72,07	17,34	10,59
DP	0,36	11,55	7,38	6,61
Variância	0,13	133,35	54,49	43,73
CV	8,70	16,02	42,57	62,43
Mediana	4,17	72,87	16,20	8,93
Mínimo	3,17	46,03	3,70	0,00
Máximo	4,83	93,13	32,74	25,93
Assimetria	-0,23	-0,15	0,21	0,61
Curtose	0,31	-0,38	-0,63	-0,28
Probabilidade	0,11*	0,17*	0,03**	<0,05**

* $p \geq 0,05$ dados normais, não significativo - simétrico; ** $p < 0,05$ dados não normais, significativo - assimétrico. DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação;

Para o estande de plantas, observou-se que a média e a mediana encontram-se próximas, e apesar de os valores do desvio padrão (DP) e do coeficiente de variação (CV) serem baixos, a distribuição dos dados foi assimétrica com coeficiente de assimetria (Cs) positivo (QUADRO 1). Sangoi et al. (2012), avaliando os efeitos da variabilidade na distribuição espacial de plantas de milho na linha em dois espaçamentos entrelinhas, mantendo-se constante a densidade de semeadura, observaram em dois anos consecutivos decréscimo na produtividade dos grãos com o aumento de 10% no coeficiente de variação (CV) ocasionado pela redução do número de grãos produzidos por metro quadrado.

Para as variáveis relacionadas à distribuição longitudinal, observa-se baixa variabilidade dos dados para espaçamento normal em comparação às classes de espaçamentos falho e duplo, que apresentaram elevados índices de CV (QUADRO 1). A classe de espaçamento falho apresentou CV inferior ao obtido por Santos et al.

(2011), que avaliaram a distribuição longitudinal da semeadora-adubadora pneumática nas velocidades de 4,58 e 5,94 km h⁻¹.

Os testes de Anderson-Darling indicaram distribuição normal para o estande de plantas e espaçamento normal (QUADRO 1). Apesar da elevada variabilidade nos dados de espaçamentos falhos e duplos, todos os indicadores de distribuição longitudinal apresentaram valores de Cs e Ck dentro do intervalo de -2 e 2 (QUADRO 1), que indica que os dados respeitam uma distribuição normal (ALBIERO et al., 2012; MELO et al., 2013; SILVA et al., 2013).

O valor obtido para distribuição normal (72,07%) foi acima da capacidade da semeadora mecânica (QUADRO 1), que deve ter como meta 60% de espaçamentos normais (TOURINO et al., 2009; MELO et al., 2013). A distribuição falha também teve resultado satisfatório, pois não atingiu a meta para a distribuição longitudinal de sementes de 10% (QUADRO 1). A distribuição dupla, por sua vez, apresentou-se próximo da meta de 10%, porém pouco acima (QUADRO 1). Conforme critério relatado por Tourino et al. (2009), a semeadora teve desempenho regular já que distribuiu as sementes abaixo de 75% de espaçamentos normais.

Weirich Neto et al. (2015), estudando a distribuição de sementes de milho em 30 propriedades rurais por 05 anos consecutivos, destacaram como principais motivos para o aumento do espaçamentos falhos: disco e/ou anel inadequados para a peneira do híbrido, pressão imprópria no sistema pneumático, falta ou excesso de grafite, tratamento de sementes com elevada abrasividade, posicionamento das sementes dentro do sulco, ataque de pragas, umidade do solo, contato solo-semente dificultado pela quantidade de palha no sistema de semeadura direta, umidade do solo inadequada para semeadura, abertura e fechamento do sulco.

Além dos fatores referidos, Santos et al. (2011) e Melo et al. (2013) ressaltam que a velocidade de deslocamento na semeadura do milho influencia o percentual de espaçamentos normais e falhos, sendo verificado em ambos os trabalhos aumento significativo dos falhos e redução dos normais com o incremento da velocidade.

4.2 Análise espacial

Analisando o Quadro 2, foi possível observar que a variável estande de plantas apresentou forte dependência espacial, podendo-se inferir que a distribuição espacial desta variável na área de estudo é heterogênea, não aleatória e que a malha amostral possui pontos suficientes para detectar a dependência espacial.

Observou-se que esta variável obteve alcance de 206,30 m. Estudando a variabilidade espacial de componentes de produtividade do milho, Vian et al. (2016), destacaram a não estrutura espacial definida para distribuição de plantas por metro e população final de plantas na área, o que indica que a distribuição espacial do atributo na área de estudo é homogênea, aleatória ou que a malha amostral utilizada não possui pontos suficientes para detectar a dependência espacial, que, se existente, será manifestada a distâncias menores que o menor espaçamento entre amostras.

Em relação às variáveis da distribuição longitudinal, nota-se forte dependência espacial para os espaçamentos falho e duplo, e moderado para o normal (QUADRO 2). Esse resultado demonstra que, além da provável irregularidade na distribuição da semeadora-adubadora, houve pontos de amostragem e número de observações suficientes para verificar dependência espacial.

Ao contrário do resultado verificado neste trabalho, SANTOS et al. (2011), avaliando a distribuição longitudinal de sementes de milho em duas velocidades de deslocamento de uma semeadora-adubadora de precisão, observaram efeito pepita puro para as classes de espaçamento normal, falho e duplo. Os autores destacaram como possíveis causas da ausência de dependência espacial: o número de observações por ponto de amostragem; a distância entre os pontos de amostragens; e a regularidade da distribuição da semeadura-adubadora, mostrando que o erro é aleatório na operação, independente das velocidades utilizadas.

QUADRO 2. Dados ajustados do semivariograma para estande e distribuição longitudinal.

	Estande	Distribuição longitudinal		
		Normal	Falho	Duplo
Modelo	Esférico	Exponencial	Esférico	Esférico
Co	0,0368	70,10	1,40	1,60
Co+C	0,2396	155,70	51,52	44,88
A (m)	206,30	100,20	131,80	97,40

Co: efeito pepita; Co+C:

Baseado nos modelos de semivariância e levando-se em consideração os parâmetros ajustados para o estande de plantas e distribuição longitudinal de plantas em espaçamentos normal, falho e duplo, utilizando a técnica de krigagem ordinária, foram interpolados os valores amostrados a fim de se construir o mapa da variabilidade espacial.

Verifica-se que o estande foi uniforme na área (Figura 2), com predomínio da faixa 4 a 4,5 plantas m^{-1} . Porém, nota-se a presença de áreas com faixa de 4,5 a 5 plantas m^{-1} e, de modo menos representativo, área com distribuição abaixo de 3,5 plantas m^{-1} . Quanto à distribuição dos espaçamentos normal, há maior predominância das faixas compreendidas entre 65% a 85% (Figura 3A), o que para uma semeadora-adubadora mecânica representa bom desempenho. Tal desempenho resulta da distribuição inadequada pela semeadora-adubadora, em que 42,47% da área correspondeu a 10 a 15% de distribuição em espaçamentos falho, enquanto 55,82% da área a faixa de 5 a 10% de distribuição em espaçamentos duplo.

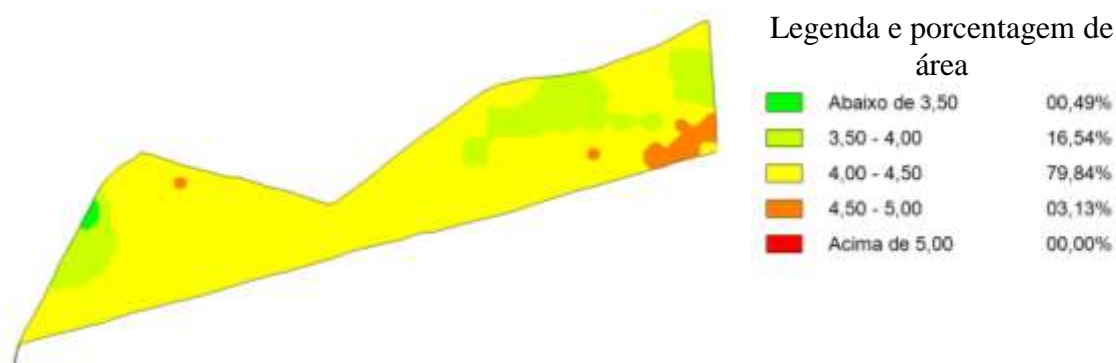


FIGURA 2. Mapas do estande de plantas por metro

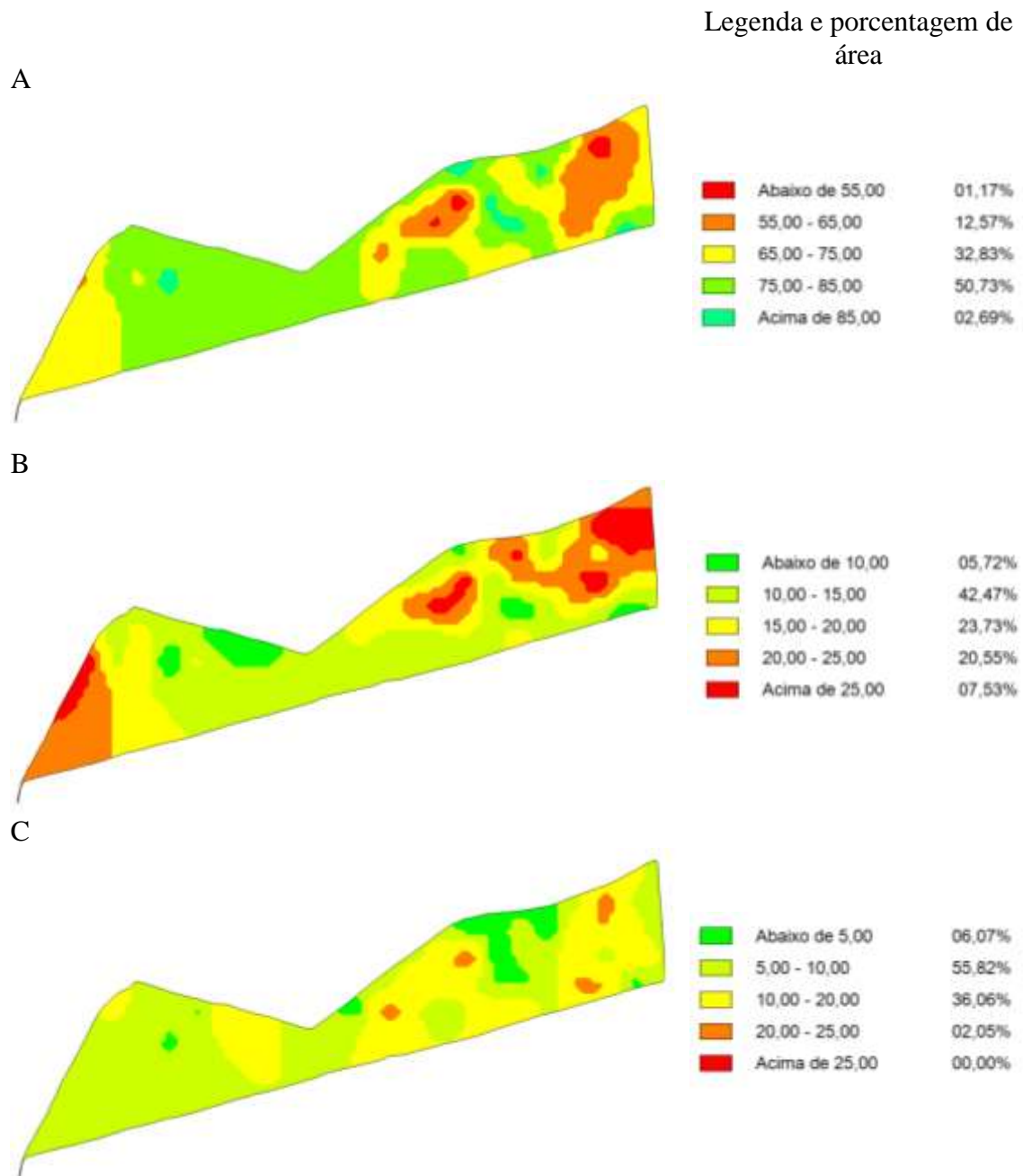


FIGURA 3. Mapas da distribuição longitudinal (normal - A, falho - B e duplo - C).

4.3 Controle estatístico de qualidade

Na carta de controle apresentada para o indicador estande de plantas (Figura 4), observa-se que houve instabilidade no processo, com um ponto fora dos limites superior e inferior de controle (LSC = UCL e LIC = LCL), portanto, havendo presença de causas especiais (extrínsecas) ao processo (VOLTARELLI et al., 2015).

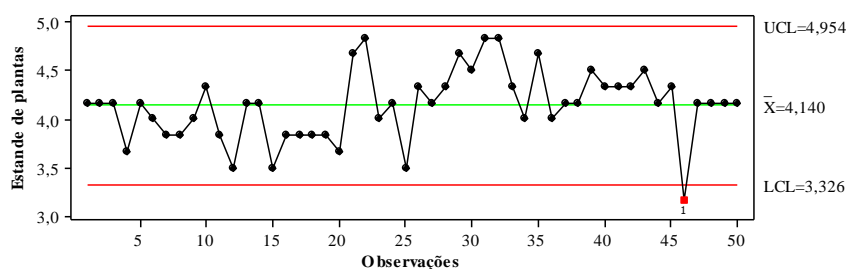


FIGURA 4. Cartas de controle para estande de plantas. UCL – limite superior de controle; LCL – Limite inferior de controle; \bar{X} – média.

Voltarelli et al. (2015) destacam que estas causas resultam da ação de fatores externos que fazem com que o processo não atenda aos limites de controle estabelecidos. Dentre estes fatores, estão: mão de obra, meio ambiente, máquina, método, medição e matéria-prima (os chamados fatores “6 s”).

Albiero et al. (2012) e Melo et al. (2013), no entanto, relatam o fato de que o processo pode ser considerado estável se os pontos que se encontram fora do limite de controle forem retirados, desde que mais de 95% dos pontos restantes estejam dentro do limite de controle, tal metodologia mostra-se adequada não influenciando de maneira negativa, pois não mascara os dados.

A instabilidade verificada para estande de plantas pode ser decorrente de eventos meteorológicos ocorridos durante a semeadura (elevada umidade do solo associada a baixas temperaturas, desfavoráveis à germinação e ao desenvolvimento da plântula) e ao erro associado à distribuição de sementes pela semeadora, podendo ser a deposição das sementes e a profundidade destas (VIAN et al., 2016).

Nas cartas de controle apresentadas nas Figuras 5, 6 e 7, observam-se que os índices de espaçamentos normal, duplo e falho, respectivamente, se mantiveram sob controle estatístico, ou seja, em nenhum ponto estes ultrapassaram os limites superior e inferior de controle (UCL e LCL), portanto, havendo somente presença de causas aleatórias (intrínsecas) ao processo (VOLTARELLI et al., 2015).

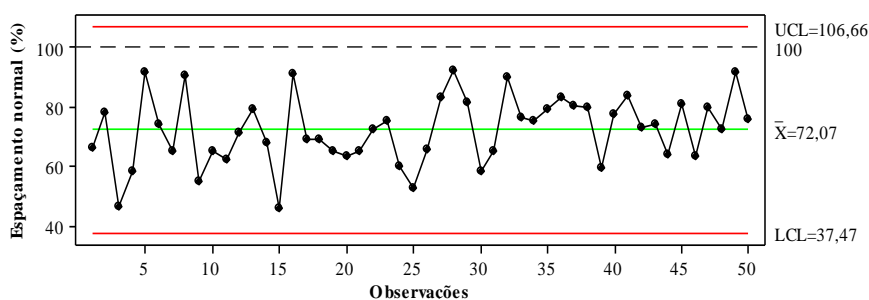


FIGURA 5. Cartas de controle para distribuição longitudinal normal. UCL – limite superior de controle; LCL – Limite inferior de controle; \bar{X} – média.

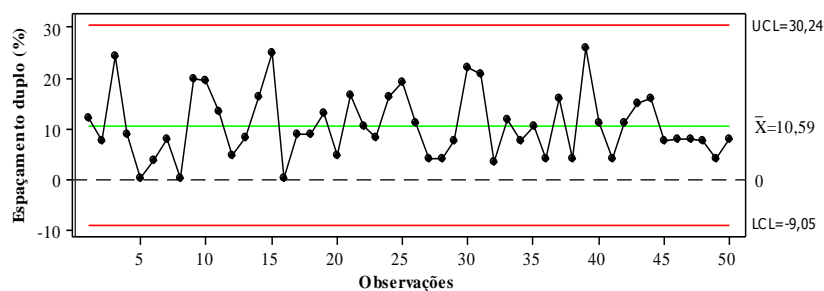


FIGURA 6. Cartas de controle para distribuição longitudinal duplo. UCL – limite superior de controle; LCL – Limite inferior de controle; \bar{X} – média.

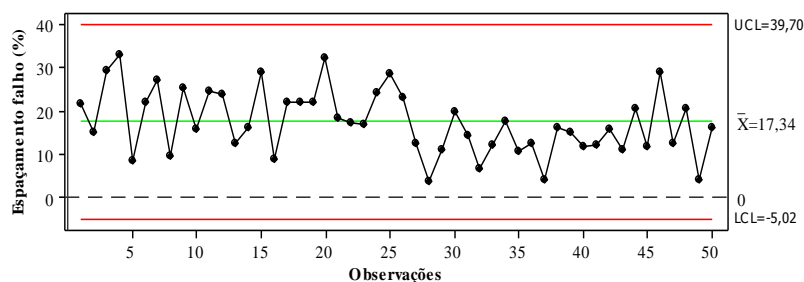


FIGURA 7. Cartas de controle para distribuição longitudinal falho. UCL – limite superior de controle; LCL – Limite inferior de controle; \bar{X} – média.

Apesar da estabilidade verificada, se limites agronômicos fossem estabelecidos, provavelmente seria necessário a implementação de um plano de melhorias, executado pela equipe técnica para monitorar e buscar as fontes de variação (causas aleatórias), sendo estas mais difíceis de serem diagnosticadas, analisadas e eliminadas da operação do que àquelas relacionadas às causas não aleatórias ou extrínsecas ao processo. Isso seria necessário uma vez que, ao contrário dos processos industriais, os agrícolas possuem menor nível de controle por apresentarem maior variabilidade em função de fatores do processo, como matéria-prima, condições meteorológicas e de solo, sistemas mecanizados, índices de qualidade de operações agrícolas, qualificação de operadores, entre outros (ALBIERO et al., 2012).

5 CONCLUSÕES

A distribuição longitudinal normal atingiu a meta de 60% de espaçamentos normais para a semeadora-adubadora mecânica de disco horizontal.

O Controle Estatístico de Qualidade - CEQ permitiu avaliar a qualidade das variáveis durante o processo de semeadura, demonstrando estabilidade para estande de plantas e distribuição longitudinal.

O CEQ e a dependência espacial para as classes de espaçamentos (normal, falho e duplo), indicam regularidade na distribuição da semeadora-adubadora, distância e número de amostras satisfatórias para futuras avaliações da distribuição longitudinal de plantas da cultura do milho na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. S.; MILAN, M.; MONTEIRO, L. A.; MION, R. L. Avaliação da distribuição de sementes por uma semeadora de anel interno rotativo utilizando média móvel exponencial. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 86-95, 2012.

ALMAS, F. **Implementação de controle estatístico de processo em uma empresa têxtil**. 2003, 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2003.

ANTUNES, L. M.; ENGEL, A. **Qualidade total na agropecuária**. Guariba: Agropecuária, 1999, 116 p.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. **Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte**. Ciência Rural, Santa Maria, v.31, p.1075-1084, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (Rio de Janeiro, RJ). **Projeto de norma 04:015.06-004 - semeadoras de precisão: ensaio de laboratório** - método de ensaio. São Paulo, 1984. 26 p.

BUTIERRES, E.; CARO, S.M. **Análise da uniformidade de espaçamento e danificação mecânica na distribuição de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 11., Brasília, 1981. Anais. Brasília: SBEA, 1983. v.3, p.1161-1168.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Cultivo do milho: sistema de produção**. Sete Lagoas. 2011. Disponível em: <[Http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_7ed/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_7ed/index.htm)>. Acesso em: 10 maio 2016.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied Geostatistics**. New York : Oxford University Press, 1989. 561p.

JOHNSON, G. A.; MORTENSEN, D. A.; GOTWAY, C. A. **Spatial and temporal analysis of weed populations using geostatistics**. Weed Science, Champaign, v. 44, n. 3, p. 704-710, 1996.

JURAN, J. M. and GODFREY, A. B. (Org.) – **Juran's Quality Handbook**. 5th ed. New York: McGraw-Hill, Inc., 1999.

KURACHI, S.A.H.; COSTA, J.A.S.; BERNARDI, J.A.; COELHO, J.L.D.; SILVEIRA, G.M. **Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaio e regularidade de distribuição longitudinal de sementes**. Bragantia, Campinas, v.48, n.2, p.249-62, 1989.

LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. 226p. (Ciência e Tecnologia).

MATHERON, G. **Principles of geostatistics**. *Economic Geology*, n.58, p.2246-1266, 1963.

McLAUGHLIN, N.B.; LAPEN, D.R. **Anisotropy in spatial measurements of mouldboard plough draught**. In: EUROPEAN CONFERENCE OF PRECISION AGRICULTURE, 6., Skiathos, 2007. Proceedings... Wageningen: Wageningen Academic Publ., 2007. p.103-108. CD-ROM.

MELO, R. P.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L. A.; SOUZA, F. H.; SILVA, J.G. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 94-101, 2013.

MOLIN, J.P. **Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: MOLIN, J.P. (ed), 2001. 83 p.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 3 ed. New York: : John Wiley & Sons, Inc., 1997. 677p.

MULLA, D.J.; SCHEPERS, J.S. **Key process and properties for site-specific soil and crop management**. In: PIERCE, F.J., SADLER, E.J. (Ed.). The site-specific management for agricultural systems. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1997. p. 1-18.

OLIVEIRA, R. B. **Mapeamento e correlação de atributos do solo e de plantas de café conilon para fins de agricultura de precisão**. 2007. 129 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. 2007.

PACHECO, E.P.; MANTOVANI, E.C.; MARTYN, P.J.; OLIVEIRA, A.C. de. **Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.31, n.3, p.209-214, 1996.

PIERCE, F.J.; P. NOWAK. **Aspects of precision agriculture**. Advances in Agronomy, Newark, v. 67, p. 1-85, 1999.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.E.; SILVA, P.R.F.; HORN, D.; SCHMITT. SCHWEITZER, C.; MOTTER, F. Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, 2006.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J.; PICOLI, G. J.; SOUZA, C. A.; CASA, R. T.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; MACHADO, G. C.; HORN, D. **Variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha e rendimento de grãos de milho**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 268-277, 2012.

SANTOS, A. J. M; GAMERO, C.A.; OLIVEIRA, R. B.; VILLEN, A. C. Análise espacial da distribuição longitudinal de sementes de milho em uma semeadora-adubadora de precisão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 16-23, 2011.

SANTOS, S. R. dos; PEREIRA, J. O.; WEIRICH NETO, P. H.; FEY, E. **Espaço entre orifícios de discos dosadores e sementes de milho na eficiência de semeadura**. Eng. Agric., Jaboticabal, v. 23, n. 2., p. 300-308, 2003.

SILVA, J. G. da; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M. da. **Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto**. Sci. Agric., Piracicaba, v. 57, p.7-12, n. 1, 2000.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L. **Fatores determinantes da escolha da densidade de plantas em milho**. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 4. 2003, Lages, SC. Resumos Expandidos... Lages: CAV- UDESC, 2003. p.25-29.

SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; VOLTARELLI, M. A.; COMPAGNON, A. M.; FURLANI, C. E. A. F.. Qualidade da colheita mecanizada de feijão em dois sistemas de preparo do solo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 61-69, 2013.

SILVA, S.L. **Avaliação de semeadoras para plantio direto: demanda de energia, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento**. 2000. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

SOUZA Z.M.; SILVA, M.L.S.; GUIMARÃES, D.T.S.; CARVALHO, M.P.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.25, p.699-707, 2001.

SOUZA, L. S.; VIEIRA, S. R.; COGO, N. P. Variabilidade dos teores de nutrientes na folha, entre plantas, em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 21, n. 3, p. 373-377, 1997.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SILVA, L. A.; ALMEIDA, L. G. P. **Semeadoras-adubadoras em semeadura convencional de soja**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 241-245, 2009.

TRINDADE, C. et al. **Ferramentas da qualidade: aplicação na atividade florestal**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 124p.

VIAN, A. L.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M.; BREDEMEIER, C. **Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 46, n. 3, p. 464-471, 2016.

VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C. & REYNOLDS, W.D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ, V.V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, J.M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2, p.1-45.

VOLTARELLI, M. A.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. A; ORTIZ, D. F.; TORRES, L. S. **Quality of performance of the operation of sugarcane mechanized planting in day and night shifts**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.35, n.3, p.528-541, 2015.

WEIRICH NETO, P.H.; FORNARI, A.J.; JUSTINO, A.; GARCIA, L.C. **Qualidade na semeadura do milho**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p.171-179, 2015.