

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**VARIABILIDADE ESPACIAL E QUALIDADE DA
SEMEADURA DA CULTURA DO MILHO**

JOÃO GUILHERME MACEDO SOARES

LUIZ FERNANDO SUDA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2016**

VARIABILIDADE ESPACIAL E QUALIDADE DA SEMEADURA DA CULTURA DO MILHO

João Guilherme Macedo Soares

Luiz Fernando Suda

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).

S676v Soares, João Guilherme Macedo
VARIABILIDADE ESPACIAL E QUALIDADE DA SEMEADURA DA
CULTURA DO MILHO / João Guilherme Macedo Soares, Luiz Fernando Suda
-- Dourados: UFGD, 2016.
28f. : il. ; 30 cm.

Orientador: JORGE WILSON CORTEZ

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

Inclui bibliografia

1. Agricultura de precisão. 2. Controle estatístico do processo. 3.
Semeadora-adubadora. I Luiz Fernando Suda 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.

**Variabilidade espacial e qualidade de semeadura da cultura
do milho**

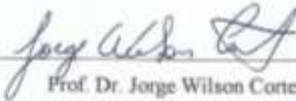
Por

João Guilherme Macedo Soares

Luiz Fernando Suda

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

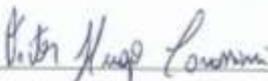
Aprovado em 15/04/2016.



Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez
Orientador – UFGD/FCA



Profa. Dra. Anamari Viegas de Araujo Motomiya
UFGD/FCA



Eng. Agrícola, Mestrando, Victor Hugo Cavassini
UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus, por proporcionar esta vida e sempre iluminar os nossos caminhos.

Aos nossos familiares, por nos apoiar e encorajar nessa etapa.

Ao Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez que nos orientou neste trabalho desde 2015, pela paciência e dedicação, sempre incentivando e nos dando confiança para a conclusão do TCC.

Aos Engenheiros Agrícolas, Igor Queiroz Moraes Valente e Victor Hugo Cavassini, pelo incentivo e informações transmitidas durante a organização e nas análises de dados, que muito contribuíram no enriquecimento deste trabalho de conclusão de curso.

Ao senhor Luiz Alberto Suda e familiares, na disponibilidade da área para o desenvolvimento do trabalho.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1 Agricultura de precisão	10
2.2 Geoestatística	10
2.3 Semeadura.....	11
2.4 Ferramentas de qualidade.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Local.....	13
3.2 Equipamentos.....	13
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 do processo	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 Estatística descritiva.....	17
4.2 Geoestatística e mapas de isolinhas	18
4.3 Controle de qualidade	21
5 CONCLUSÕES	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

SOARES, J.G.M.; SUDA, L.F.. **Variabilidade espacial e qualidade de semeadura da cultura do milho**. 2016. 26f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

RESUMO

Problemas durante a operação de semeadura podem afetar a produtividade da cultura. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade de semeadura e a variabilidade espacial do milho safrinha. A coleta de dados ocorreu no município de Dourados, MS, na Fazenda São Luiz, sendo coletados espacialmente distribuídos com malha amostral de 0,5 ha. Em cada ponto foi amostrado a quantidade de plantas em dois metros e a distância entre plantas a fim de calcular a distribuição longitudinal, avaliando os espaçamentos normais, falhos e duplos. Posteriormente a coleta os dados foram analisados pela estatística descritiva, pela geoestatística para confecção dos mapas de variabilidade espacial e pelo controle estatístico do processo. Verificaram-se áreas deficitárias e que a operação de semeadura estava sobre controle e atingiu as metas de semeadura. Mais de 99% da área esteve acima de 60% da regularidade, para uma semeadora de disco horizontal. No entanto, no espaçamento normal, duplos e falhos nota-se que alguns pontos se encontram fora dos limites de controle, o que constata alguma falha no sistema de semeadura.

Palavras-chave: agricultura de precisão, controle estatístico do processo, semeadora-adubadora

SOARES, J.G.M.; SUDA, L.F.. **Spatial variability and quality sowing of corn**. 2016. 26f. Monograph (Course conclusion work), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

ABSTRACT

Problems during the sowing operation can affect crop productivity. The objective was to evaluate the quality of sowing and the spatial variability of winter corn. Data collection occurred in the municipality of Dourados, MS, specifically in the Fazenda São Luiz. It were spatially collected distributed with sampling grid of a point every 0.5 ha. It was sampled, at each point, the amount of plants every two meters and the distance between plants in order to calculate the longitudinal distribution evaluating in normal, defective and double spacing. Posteriorly collecting the data were analyzed using descriptive statistics, geostatistics for making the maps of spatial variability and statistical process control. There has been loss-making areas and sowing operation was under control and reached the seeding goal. The submitted maps, more than 99% of the area was above 60% for a seeder regularity horizontal disc. However, in normal, double and fail spacing note that some points are outside the limits proposed, which reveals some failure in the seeding system.

KEY WORDS: precision agriculture, statistical process control, seeder-fertilizer

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho é de grande destaque no cenário nacional de produção de grãos estando entre as três culturas mais cultivadas no país, contribuindo significativamente para a balança comercial brasileira.

O acompanhamento da safra brasileira de grãos, segundo o levantamento da Conab, na safra 2014/15 produziu-se aproximadamente 80,20 milhões de toneladas de milho semeados em 15,48 milhões de hectares (CONAB 2015). Neste cenário o estado de Mato Grosso do Sul é responsável por produzir cerca de 8,22 milhões de toneladas em 1,58 milhões de hectares.

Devido à necessidade de se produzir mais, os produtores começaram a deixar de utilizar o preparo convencional do solo, e adotaram o sistema de semeadura direta, e uma das ferramentas mais importantes para o sucesso deste sistema é a qualidade na semeadura, em que existem diversas semeadoras, com mecanismo dosador tipo dedo prensor, copo distribuidor, dosador pneumático, disco serrilhado ou dentado, correia transportadora, rotor acanalado e disco perfurado (SILVA, 2009).

A semeadora desempenha um papel fundamental na produtividade do milho, pois deposita a semente em profundidade adequada, corta a palhada, promove o rompimento do solo na linha de semeadura e a precisão na distribuição de semente (SANTO et al., 2008).

Segundo Tourino (1986), a precisão na distribuição da semente ao longo do sulco de semeadura, junto com uma correta deposição do adubo, são alguns dos principais fatores relacionados à baixa produtividade.

A velocidade pode influenciar a população de plantas com espigas, assim como observaram Garcia et. al. (2006), em que a produtividade será afetada quando a população de plantas com espigas será reduzida pelo incremento de velocidade. Garcia et. al. (2006) e Kurachi et al. (1989), afirmam que a elevação da velocidade de semeadura reduz a qualidade de distribuição das sementes. Garcia et al. (2011), explicam que com o aumento da velocidade de deslocamento, houve aumento da patinação dos rodados da semeadora, capacidade de campo efetiva, profundidade de plantio, velocidade periférica do disco dosador de sementes e ocorrência de duplos, e decréscimo de sementes distribuídas por metro e sementes expostas. Já com o aumento

da velocidade de deslocamento do trator, observou-se decréscimo da patinação dos rodados do trator.

Mello et al. (2007) observaram na semeadura do milho que ao aumentar a velocidade de semeadura de 6,8 para 9,8 km h⁻¹ a porcentagem de espaçamentos normais reduziu cerca de 25 %, o que demonstra um desempenho inferior da semeadora nessa velocidade. Dias et al. (2009) estudando a cultura do milho, observaram redução do percentual de espaçamentos aceitáveis com a elevação da velocidade de 3,5 para 7,0 km h⁻¹.

A qualidade de semeadura é o processo inicial para a obtenção de altas produtividades, principalmente em culturas que não aceitam o erro de semeadura. Portanto, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial e a qualidade de semeadura da cultura do milho de segunda safra.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Agricultura de precisão

A agricultura de precisão 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. 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 haviam 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 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).

2.3 Semeadura

Na operação de semeadura, o estande adequado e a uniformidade de distribuição de sementes são apontados como fatores de grande influência na produtividade do milho (DELAFOSSÉ, 1986). Esses fatores podem ser afetados por inúmeras variáveis, sendo a velocidade de semeadura uma das mais importantes (KURACHI et al., 1989). Reis e Alonço (2001), comparando a precisão funcional de vários mecanismos dosadores estudados no Brasil, entre os anos de 1989 e 2000, concluíram que, com velocidades de semeadura acima de $7,5 \text{ km h}^{-1}$, a qualidade da distribuição de sementes com mecanismos pneumáticos e disco horizontal perfurado se assemelha.

Estudando a qualidade na semeadura de milho com dosador do tipo disco perfurado horizontal, Mahl et al. (2004) concluíram que, nas velocidades de semeadura de $4,4$ e $6,1 \text{ km h}^{-1}$, obteve-se eficiência semelhante na distribuição de sementes de milho e significativamente melhor que na velocidade de $8,1 \text{ km h}^{-1}$. Mello et al. (2007),

observaram, na semeadura do milho, que ao aumentar a velocidade de semeadura de 6,8 para 9,8 km h⁻¹ a porcentagem de espaçamentos normais reduziu cerca de 25 %, o que demonstra um desempenho inferior da semeadora nessa velocidade.

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.

Sobre 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 utilizado 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 e 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 Local

O trabalho foi conduzido em uma área comercial da Fazenda São Luiz no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22°18'47,91"S, longitude de 54 °28'32,12" O e altitude de 324 m. O clima é do tipo CWa, segundo a classificação de Köppen, e o solo da área é um Latossolo Vermelho distroférico,

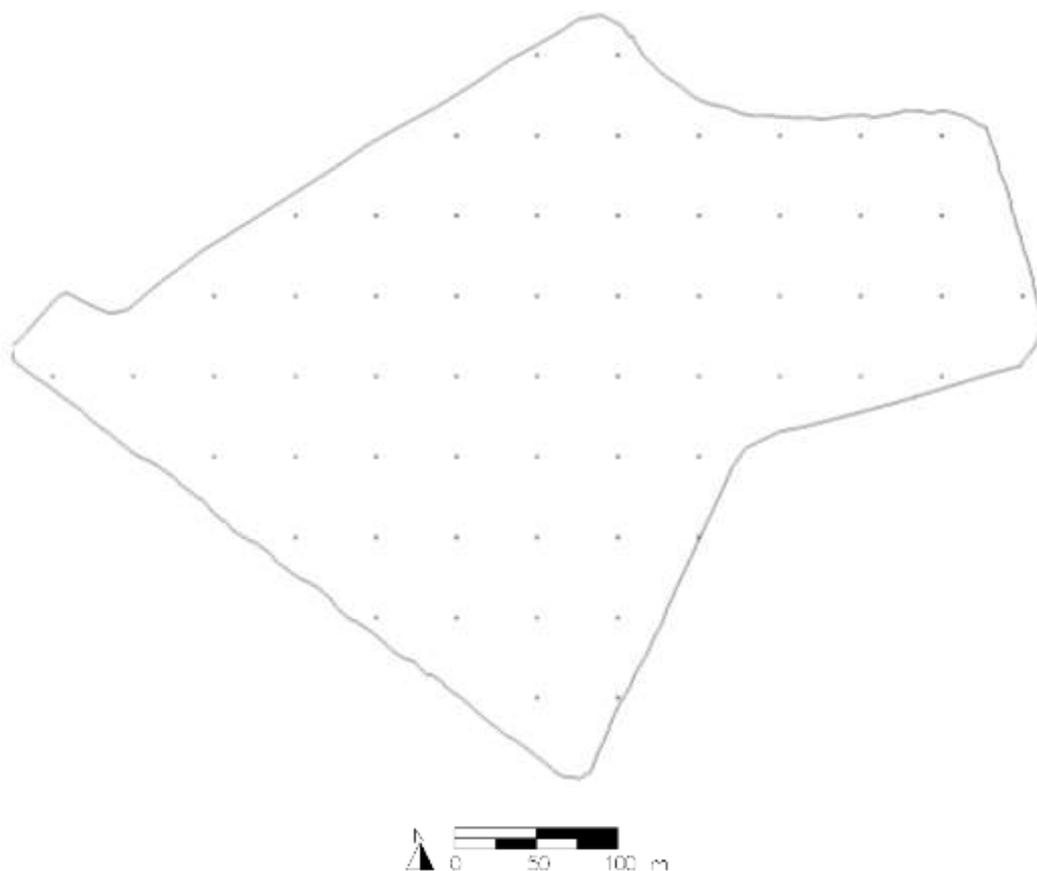


FIGURA 1. Mapa da área e pontos amostrais.

3.2 Equipamentos

Na semeadura foi utilizado um trator Valmet 1280, 4x4 TDA, com 94,14 kW (128 cv) de potência nominal no motor e uma rotação de 2400 rpm, com pneus dianteiros 14.9-26 e traseiros 18.4-34, e massa de 3.400 kg. A semeadora-adubadora utilizada foi uma Super Tatu PST2 com sistema disco horizontal perfurado de

distribuição, e haste sulcadora para adubo, possuindo cinco fileiras para milho, espaçados de 0,70 m, com dosador de adubo tipo helicóide, discos para sementes de 28 furos, e rodas duplas anguladas (V) para compactação. A semeadora foi regulada para distribuir 3,7 sementes por metro da cultivar PIONEER 30S31 com 99% de pureza e 90% de germinação, na profundidade de 0,05 m. A velocidade de semeadura foi de 6,4 km h⁻¹.

A área experimental foi conduzida por 15 anos em semeadura direta, com 28,82 ha, tendo como culturas de verão soja e inverno milho, em um sistema de sucessão de culturas sem revolvimento do solo.

Utilizou-se uma malha amostral composta de 60 pontos distribuídos na área por meio de um sistema informatizado, utilizando o aplicativo de celular, com malha amostral distribuída de 50 m entre pontos (Figura 1).

3.3 Atributos

3.3.1 Estande de plantas

Foram coletadas amostras do número de plantas de milho emergidas em dois metros consecutivos em cada ponto amostral no dia 10 de abril de 2015.

3.3.2 Distribuição longitudinal

Na avaliação de distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos entre plantas foi utilizado uma trena. A porcentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos foram obtidas de acordo com as normas da ABNT (1984) e Kurachi et al. (1989), considerando-se porcentagens de espaçamentos: "duplos" (D): $< 0,5 \text{ vez o } X_{\text{ref}}$ espaçamento de referência. normais" (A): $0,5 < X_{\text{ref}} < 1,5$, e "falhos" (F): $> 1,5 \text{ o } X_{\text{ref}}$. O espaçamento médio de referência foi de 25 cm. Ou seja, valores menores que 12,5 cm foram considerados duplos e valores de espaçamentos acima de 37,5 cm foram considerados falhos.

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, 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 à 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 ajuste do semivariograma foi realizado verificando-se visualmente os modelos e os parâmetros que melhor se ajustou e colocando-os a prova da validação cruzada, observando o valor do coeficiente angular. 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 semivariograma apresenta efeito pepita puro quando a semivariância for igual para todos os valores de h . O patamar ($C_0 + C$) é o valor da semivariância em que a curva se estabiliza sobre um valor constante, sendo representado pelo ponto em que toda a semivariância da amostra é de influência aleatória. À medida que h aumenta a semivariância também aumenta até um valor máximo no qual se estabiliza. O alcance da dependência espacial representa a distância na qual os pontos amostrais estão correlacionados entre si. 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, realizou-se 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.

3.4.3 Controle estatístico do processo

Para averiguar a estabilidade do processo foram utilizadas as cartas de controle a partir dos limites inferior (LCL) e superior de controle (UCL) (TRINDADE et al. 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estatística descritiva

O estande de plantas apresentou média de 3,72 plantas m^{-1} (Quadro 2), próximo da regulação proposta que é de 3,7 plantas por metro, mantendo uma uniformidade de espaçamentos normais aceitáveis de 91,07%, falho 6,79% e duplo de 2,143%.

No Quadro 2 são apresentados os valores da estatística descritiva referentes aos estandes e distribuição longitudinal. Observou-se que os coeficientes de variação (CV%) variaram de 9,06 a 281,47%. De acordo com a classificação proposta por Wilding e Dress (1983), os valores de CV para os atributos falho e duplo, apresentaram valores altos (CV>25%), os atributos estande e normal foram detectado com baixo coeficiente de variação (CV<15%). Valores elevados de CV podem ser considerados como os primeiros indicadores da existência de heterogeneidade nos dados (FROGBROOK, 2002).

Os valores de assimetria e curtose apresentados (Quadro 2) fornecem uma indicação da normalidade dos dados, sendo que valores próximos de zero indicam uma tendência dos dados à distribuição normal. Os valores de assimetria e curtose indicaram distribuição próxima à normal para o atributo estande de plantas. Os coeficientes de assimetria e curtose que estão distantes de zero para as demais variáveis estudadas caracteriza-se distribuição assimétrica (Quadro 2). Os atributos apresentaram assimetria positiva, para os atributos falho e duplo e assimetria negativa para os atributos estande e normal. O coeficiente de assimetria é utilizado para caracterizar como e quanto a distribuição de frequência se afasta da simetria. Se o valor encontrado para este coeficiente for zero, a distribuição é simétrica; se for positivo, a distribuição é assimétrica à direita e, se for negativo, é assimétrica à esquerda. Os resultados referentes ao teste de Anderson-Darling indicaram dados não normais significativos para todas as variáveis estudadas.

A distribuição normal da semeadora foi analisada de acordo com os critérios sugeridos por SILVA et al. (2000), com bom desempenho aceitável na faixa de 75% a 90% para semeadora-adubadora com mecanismo dosador de sementes do tipo disco horizontal perfurado. De acordo com DIAS et al. (2009), ao aumentar a velocidade de trabalho, se reduz o percentual aceitável de espaçamentos entre sementes, mas o

aumento da velocidade não reduz significativamente a densidade de semeadura para o milho.

QUADRO 2. Estatística descritiva dos dados de estande e distribuição longitudinal.

Parâmetros	Distribuição longitudinal			
	Estande (plantas m ⁻¹)	Normal (%)	Falho (%)	Duplo (%)
Média	3,72	91,07	6,79	2,143
DP	0,34	12,16	9,11	6,032
Variância	0,11	147,81	83,04	36,384
CV (%)	9,06	13,35	134,27	281,47
Mínimo	3,00	50,00	0	0
Máximo	4,00	100,00	33,33	33,330
Assimetria	-0,78	-1,30	1,26	3,27
Curtose	-0,47	1,13	1,29	12,17
Normalidade	<0,005**	<0,005**	<0,005**	<0,005**

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

4.2 Geoestatística e mapas de isolinhas

No Quadro 3 são apresentados os parâmetros do semivariogramas ajustados que melhor descrevem a ocorrência da variabilidade espacial. A análise geoestatística identificou que os atributos estudados obtiveram ajuste a um modelo matemático teórico dentro da grade amostral adotada (Quadro 3). Os semivariogramas experimentais foram ajustados ao modelo teórico esférico.

Observa-se que o maior valor de alcance para o estande e distribuição longitudinal foi de 488,13 e 696,26 m respectivamente, o que indica que a distribuição longitudinal (Duplo), é a que apresenta maior continuidade espacial, garantindo assim uma melhor acurácia nas estimativas em locais não amostrados. O alcance de dependência espacial é um parâmetro muito importante e indica a distância máxima que uma variável está correlacionada espacialmente. O alcance da dependência espacial é um parâmetro geoestatístico importante na agricultura por auxiliar o delineamento de futuras amostragens de estandes, indicando a máxima distância entre amostras para obter boa representatividade (Sampaio et al., 2010). O efeito pepita (C_0) é um parâmetro importante na análise geoestatística e representa a variância não explicada ou ao acaso, frequentemente causada por erros de medições ou variações dos atributos que não podem ser detectadas na escala de amostragem (TRANGMAR et al., 1985; VIEIRA, 2000), a ausência total de dependência espacial é chamada efeito pepita puro. A partir

disso, verifica-se que o efeito pepita foi zero para todas camadas avaliadas, o que indica a precisão do aparelho utilizado.

QUADRO 3. Dados ajustados do semivariograma para estande e distribuição longitudinal.

	Estande	Distribuição longitudinal		
		Normal	Falho	Duplo
Modelo	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico
Co	0,00	0,00	0,00	0,00
Co+C	0,14	128,25	109,25	18,33
A (m)	488,13	523,37	508,98	696,26

Analisando a Figura 2 verificou-se no mapa de estande de plantas que a maior porcentagem varia de 3,00 a 4,00 plantas por metro, assim 89,31% com maior uniformidade, onde se analisou faixas de 4,00 a 5,00 plantas por metro focado nas bordaduras do estande, que poderiam indicar pontos considerados duplos em torno de 10,69% da área (QUADRO 4).

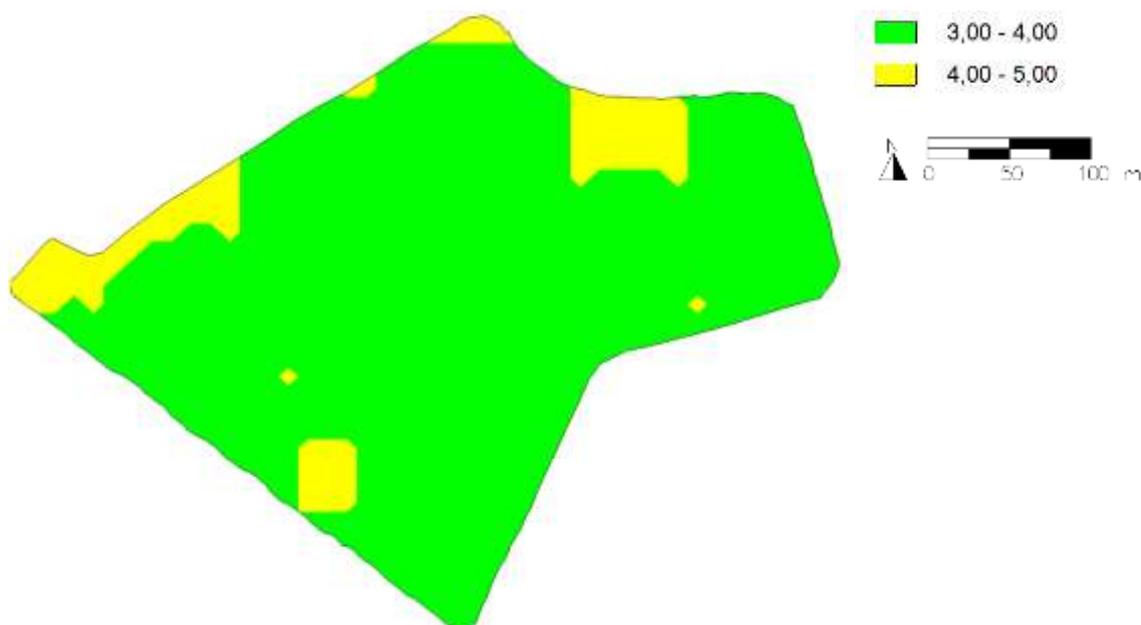


FIGURA 2. Mapas do estande de plantas por metro.

QUADRO 4. Porcentagem de área ocupada pelos valores de estande.

Estande	Porcentagem (%)
<3,0	0,00
3,00-4,00	89,31
4,00-5,00	10,69
5,00-6,00	0,00
>6,00	0,00

Na Figura 3, estão representados os mapas de interpolação dos atributos, obtidos por krigagem dos dados, onde é possível a visualização espacial das variáveis de qualidade de semeadura do milho. Os mapas das variáveis de qualidade de semeadura demonstram visualmente onde teve ocorrência de falhos ou duplos e também a distribuição normal. A Figura 3 tem comportamento com destaque onde houve desigualdade na distribuição em alguns pontos, assim tem-se estande com faixa acima de 90,00% e 80,00-90,00% com 59,03% e 30,69 de espaçamentos normais respectivamente (QUADRO 5), por tanto pelas análises da Figura 3 verifica-se uma distribuição normal.

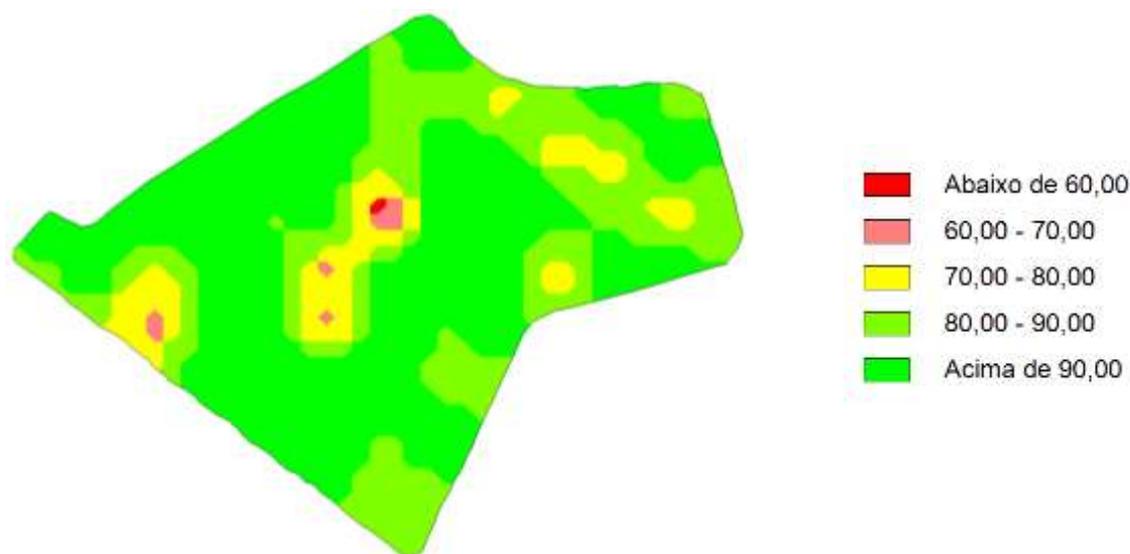


FIGURA 3. Mapas da distribuição longitudinal para espaçamento normal.

QUADRO 5. Porcentagem de área ocupada pelos valores de espaçamentos normais.

Estande	Normal (%)
<60	0,14
60 a 70	0,97
70 a 80	9,17
80 a 90	30,69
>90	59,03

Observa-se na Figura 4 os dados de falhos e duplos, em que teve pouca porcentagem de valores altos para esta distribuição. Na faixa de 20,00 – 30,00% de falhos ou duplos verifica-se áreas com 3,19% e 0,56%, respectivamente (QUADRO 6), significando uma semeadora satisfatória. Assim, a maior ocorrência de falho e duplo ocorreu abaixo de 20%.

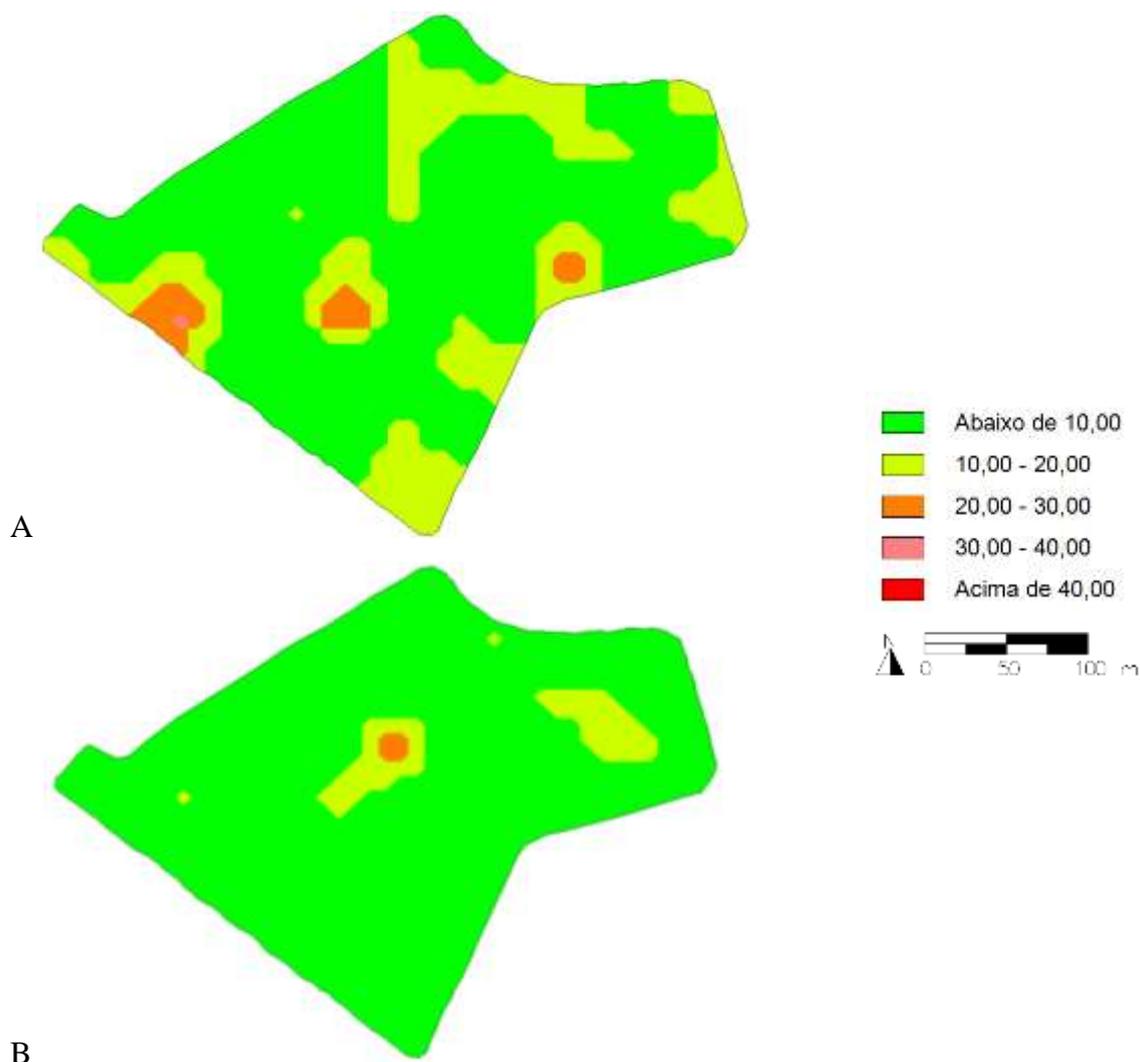


FIGURA 4. Mapas da distribuição longitudinal (falho - A e duplo - B).

QUADRO 6. Porcentagem de área ocupada pelos valores de falho e duplo.

Estande	Falho (%)	Duplo (%)
<10	70,28%	93,06
10 a 20	26,39	6,39
20 a 30	3,19	0,56
30 a 40	0,14	0,00
> 40	0,00	0,00

4.3 Controle de qualidade

Conforme as Figuras 5, 6, 7 e 8, pode se demonstrar que a maioria dos pontos se localiza entre -3 e 3 vez o desvio padrão. No entanto, no espaçamento normal, duplos e falhos nota-se que alguns pontos se encontram fora dos limites propostos, o

que constata alguma falha no sistema de semeadura e por isso não permite o uso da capacidade do processo para verificar se o processo foi capaz de gerar bons resultados.

De acordo com Cruz (2005), profundidade de plantio, densidade da semeadura, tamanho e forma das sementes, manutenção e regulação da semeadora, velocidade de plantio e uso de grafite são algumas das causas que podem afetar a distribuição de sementes.

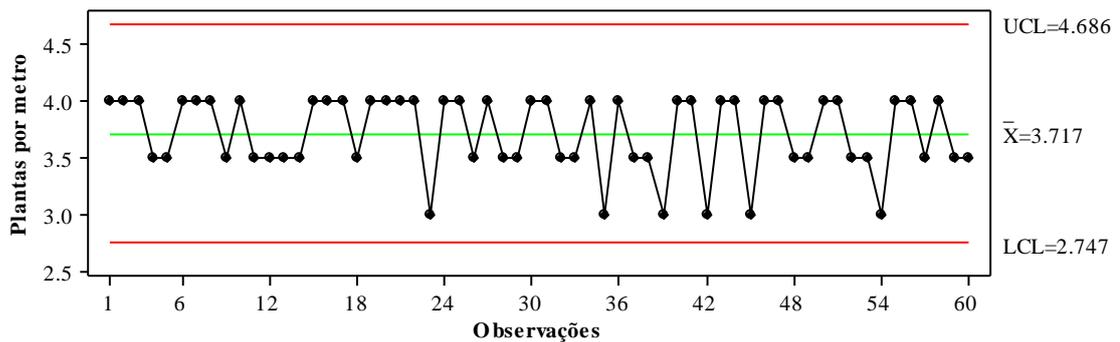


FIGURA 5. Cartas de controle para estande de plantas (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

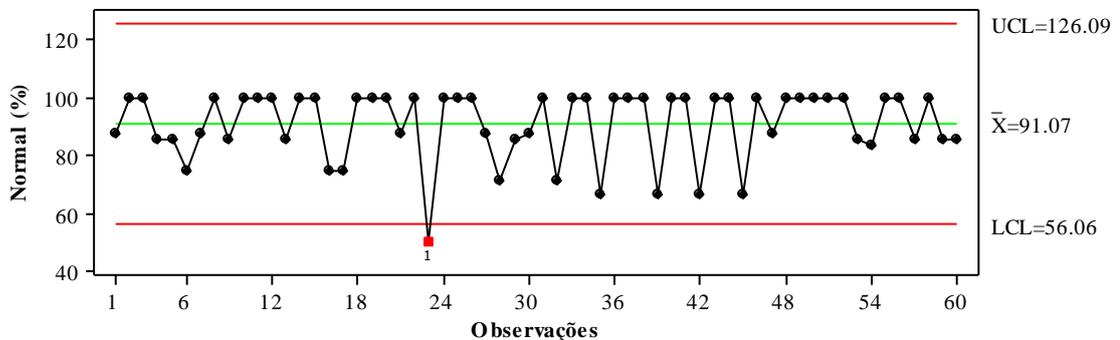


FIGURA 6. Cartas de controle para distribuição longitudinal do espaçamento normal (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

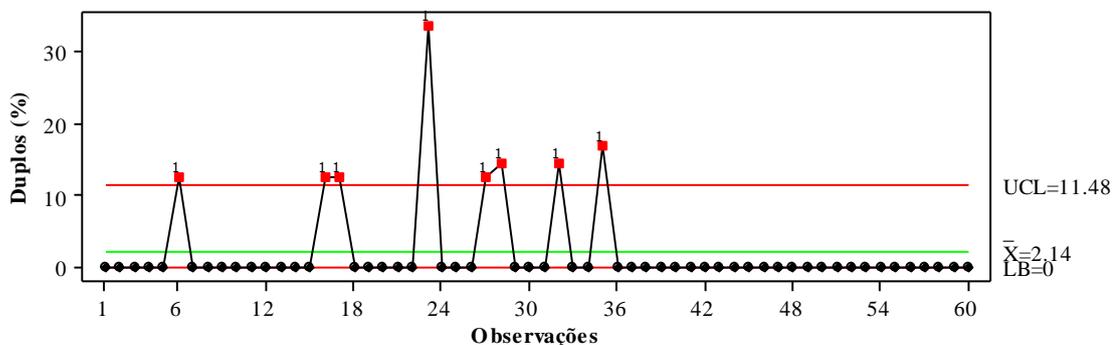


FIGURA 7. Cartas de controle para distribuição longitudinal do espaçamento duplo (UCL – limite superior de controle; LB – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

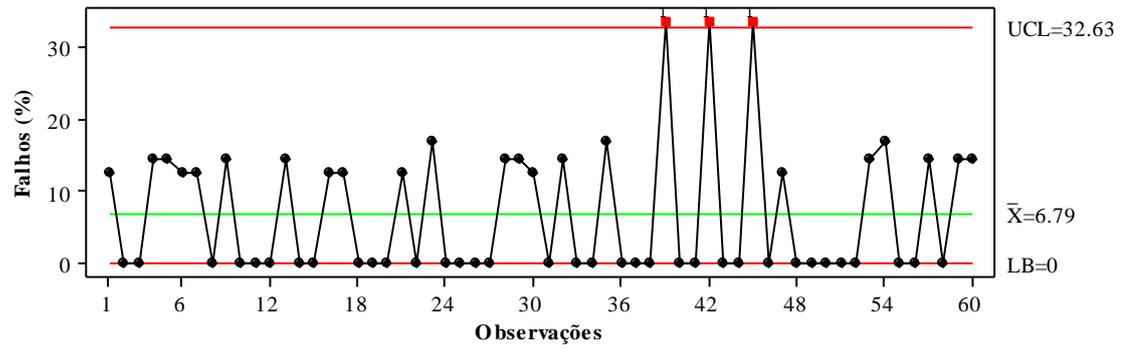


FIGURA 8. Cartas de controle para distribuição longitudinal do espaçamento falho (UCL – limite superior de controle; LB – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

5 CONCLUSÕES

Ocorre dependência espacial para os atributos estande de plantas e distribuição para espaçamentos normais, falhos e duplos. Pelos mapas apresentados, 99,86% da área esteve acima de 60% de regularidade para uma semeadora de disco horizontal.

As cartas de controle indicaram que apenas o estande de plantas está sob controle sendo que os demais atributos (falho e duplo) precisam ser analisados, pois apresentam causas especiais de variação como, por exemplo, tamanho e forma da semente, velocidade de semeadura e regulagem da semeadora. A carta de controle para o espaçamento normal apresenta um ponto fora dos limites o que não indica um sério problema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

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.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, nono levantamento, junho 2015. Brasília: CONAB, 2015. 72 p.

CRUZ, J.C. Plantio do milho. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_1_ed/plantespaca.htm> Acesso em: 20 jan. 2016.

DELAFOSSÉ, R.M. Máquinas sembradoras de grano grueso: descripción y uso. Santiago: Oficina Regional de La FAO para América Latina y el Caribe, 1986. 48 p.

DIAS, V. de O.; Alonço, A. dos S.; Baumhardt, U. B.; Bonotto, G. J.. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.6, p.1721-1728, 2009.

FROGBROOK, Z. L. Exploring the spatial relations between cereal yield and soil chemical properties and the implications for sampling. *Soil Use and Management*, v. 18, n. 01, p. 01-09, 2002.

GARCIA, L. C.; JASPER, R.; JASPER, M.; FORNARI, A. J.; BLUM, J. Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, p.520-527, 2006.

GARCIA, R.F.; DO VALE, W.G.; DE OLIVEIRA, M.T.R.; PEREIRA, É.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*, Maringá, v.33, p.417-422, 2011.

GONÇALEZ, P.U.; WERNER, L. Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais. *Gestão & Produção*, São Carlos, v.16, n.1, p.121-132, 2009.

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

JURAN, J.M. and GODFREY, A.B. (Org.) – Juran's Quality Handbook. 5thed. 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.

MAHL, D.; BENEZ, S. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.1, p. 150-157, 2004.

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.

MELLO, A.J.R.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P.; LOPES, A.; BORSATTO, E.A. Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, p.479-486, 2007.

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.

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

REIS, A. V.; ALONÇO, A.S. Comparativo sobre a precisão funcional de vários mecanismos dosadores estudados no Brasil entre os anos de 1989 e 2000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.

SAMPAIO, F.M.T.; FERREIRA, M.M.; OLIVEIRA, M.S.; ALMEIDA, A.C.; JOSÉ, M.R. Variabilidade espacial da umidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob plantio direto. *Engenharia Agrícola*, v. 30, p. 854-61, 2010.

SANTO, A. P.; TOURINO, M. C.C.; VOLPATO, E. S. Qualidade de semeadura na implantação da cultura do milho por três semeadoras-adubadoras de plantio direto. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 5, p.1601-1608, 2008.

SILVA, M. C. Desempenho operacional de semeadora-adubadora de precisão em função do tipo de marteleto e velocidade de deslocamento na cultura do milho. 2009. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

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.*, v.57, n. 1, p. 7-12, 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.

TOLEDO, A. Variabilidade espacial e diagnóstico da qualidade do processo em semeadura de amendoim. 2008. 96f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2008.

TOURINO, M. C. C. A semente no lugar certo. *A Granja*, Porto Alegre, v. 42, n. 461, p. 36-40, 1986.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, San Diego, v.38, n.1 p.45-94, 1985.

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

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudo da variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V., V.H. & SCHAEFER, G.R., eds. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-54.

VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C. & REYNOLDS, W.D. Handbook for geostatistical 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.

WILDING, L.P.; DRESS L.R. Spatial variability and pedology,.In L.P. WILDING, N. SMECK.; HALL G.F. (ds.). *Pedogenesis and Soil Taxonomy*. Wageningen. Netherlands. p. 83-116,1983.