UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

VARIABILIDADE ESPACIAL E QUALIDADE DE SEMEADURA DO MILHO SAFRINHA

LEANDRO AFONSO VARELA

LEONARDO FLORES AZAMBUJA

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2016

VARIABILIDADE ESPACIAL E QUALIDADE DE SEMEADURA DO MILHO SAFRINHA

Leandro Afonso Varela

Leonardo Flores Azambuja

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 Agronômica.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2016

VARIABILIDADE ESPACIAL E QUALIDADE DE SEMEADURA DO MILHO SAFRINHA

por

Leandro Afonso Varela

Leonardo Flores Azambuja

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentado como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Aprovado em 12/04/2016

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

Prof. Dr. Cristiano Márcio A. de Souza
UFGD/FCA

M. Sc. Sálvio Napoleão S. Arcoverde
Doutorando - UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Eu Leandro Afonso Varela, agradeço primeiramente a Deus por estar sempre presente em minha vida, aos meus familiares por todo apoio durante o período de graduação, em especial aos meus pais, Luiz Carlos Varela e Fatima Suzete Afonso Varela, por sempre me apoiarem nos momentos mais difíceis e por não medirem esforços para a realização desse sonho, e aos meus irmãos Emerson Luiz da Silva Varela e Lucilaura Afonso Varela Kadar. Agradeço aos grandes amigos que fiz durante a graduação pelas horas de estudo, alegria e descontração que me proporcionaram durante todos esses anos, são eles: Edvânia Aparecida dos Santos Cardoso, Luis Felipe Mancino de Lima, Vitor Augusto Colato Granato, Tiago Becker Erani, Izaias Rodrigues da Silva, Leonardo Flores Azambuja, Felipe Prestes Nantes, José Lucas Gonçalves Greiter, Ian Felipe Bernal de Carvalho, Wilian Fritschi da Silva, Magno Cano Marques, Vadim Milani de Souza Carbonari, Vanessa Secretti Garlet. Agradeço também a todos os professores que fizeram parte da minha graduação, e ao Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez pela orientação no TCC.

Eu Leonardo Flores Azambuja, agradeço primeiramente a Deus pelas oportunidades proporcionadas em todas as áreas de minha vida para que eu pudesse ter chegado até aqui ; agradeço a meus pais Fransérgio Duarte Azambuja e Laine Maria Fernandes Flores Azambuja pelo completo e incondicional apoio para que eu me tornasse uma pessoa e um profissional de caráter ; agradeço aos meus irmãos, Fransérgio Duarte Azambuja Filho e Francielly Flores Azambuja, por estarem desde sempre ao meu lado; ao meu cunhado Carlos Madger de Souza Martins pelo companheirismo e amizade ; à minha namorada Thais Pereira Troian pelo apoio e por estar ao meu lado fazendo com que a cada dia eu me torne uma pessoa melhor; ao amigo Leandro Afonso Varela pela parceria na conclusão desta etapa de nossa graduação, à minha família, amigos, professores e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para minha formação. Em especial ao Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez pela orientação deste trabalho de conclusão de curso.

SUMÁRIO

Páginas

RESUMO v
ABSTRACT vi
1. INTRODUÇÃO 7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 8
2.1 Agricultura de precisão 8
2.2 Geoestatística 11
2.3 Semeadura 12
2.4 Ferramentas de qualidade 14
3 MATERIAL E MÉTODOS 17
3.1 Local 17
3.2 Equipamentos e a coleta dos dados 17
3.3 Atributos 18
3.3.1 Estande de plantas 18
3.3.2 Distribuição longitudinal 18
3.4 Análise dos dados 18
3.4.1 Estatística descritiva 18
3.4.2 Geoestatística 19
3.4.3 Controle estatístico do processo 19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 20
4.1 Estatística descritiva 20
4.2 Geoestatística e mapas de isolinhas 22
4.3 Controle de qualidade 25
5 CONCLUSÕES 28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 29

VARELA, L.A.; AZAMBUJA, L.F. **Variabilidade espacial e qualidade de semeadura do milho safrinha.** 2016. 34f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

RESUMO

Para se obter produtividades elevadas, o primeiro ponto a ser observado é a qualidade da semeadura. Assim, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial e qualidade de semeadura do milho de segunda safra. A coleta de dados ocorreu no município de Dourados, MS, especificamente na Fazenda Experimental da UFGD. Foram coletados espacialmente distribuídos com malha amostral de um ponto a cada 0,5 ha, 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 e o estande de plantas. Posteriormente a coleta os dados foram analisados pela estatística descritiva, pela geoestatística para confecção dos mapas de variabilidade espacial e pelo controle estatístico de qualidade (CEQ). O estande de plantas e a distribuição longitudinal dos espaçamentos normais, falhos e duplos para o milho apresentaram dependência espacial. O estande de plantas e a distribuição normal ficaram abaixo dos valores mínimos exigidos para semeadura de qualidade. O estande de plantas pelo controle estatístico de qualidade foi considerado fora de controle, como também a distribuição longitudinal dos espaçamentos falhos. Portanto, a semeadura do milho realizada nesta propriedade foi considerada de baixa qualidade, por não atingir os valores mínimos exigidos de estande de plantas e na distribuição.

Palavras-chave: agricultura de precisão, controle estatístico de qualidade, distribuição longitudinal, geoestatística.

VARELA, L.A.; AZAMBUJA, L.F. **Spatial variability and sowing quality of offseason maize.** 2016. 34f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

ABSTRACT

To obtain high yields, the first point to note is the quality of sowing. The objective was to evaluate the spatial variability and quality sowing of offseason maize. Data collection occurred in Dourados region, MS, specifically at UFGD experimental farm. Spatially distributed and with sample grid of one point every 0.5 hectare, the quantity of plants in two meters and the distance between plants were collected in order to calculate the longitudinal distribution evaluating the normal defective and double spacing and plant stand. Subsequently after data collecting, it was analyzed by descriptive statistics and geostatistics for spatial variability maps making and statistical quality control (SQC). The plant stand and the longitudinal distribution of the normal, flawed and double spacing for maize showed spatial dependence. The plant stand and normal distribution were below the minimum amounts required for quality seeding. The plant stand, by statistical quality control, was considered out of control, as well as the longitudinal distribution of flawed spacing. So maize seeding performed on this property was considered of low quality, not reach the minimum required amounts of plant precision in the distribution booth.

Key-Words: precision agriculture, statistical quality control, longitudinal distribution, geostatistics.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho é de fundamental importância para o Brasil e, principalmente, para o estado de Mato Grosso do Sul, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015), onde a área cultivada de milho safrinha ou segunda safra para a safra 2014/2015 é de 1,547 milhões de hectares, com estimativa de produção de 8,368 milhões de toneladas.

O aumento do plantio de milho safrinha no estado de Mato Grosso do sul ocorre devido os rendimentos advindos dessa modalidade de exploração serem iguais ou superiores aos obtidos nos plantios de primeira safra (IBGE, 2013).

Nos últimos anos tem ocorrido varias mudanças na agricultura, e a busca pela maior produtividade tem se tornado cada vez maior, para ajudar nesse aspecto tem surgido varias técnicas para aumentar a produtividade, dentre elas a agricultura de precisão. Esta é uma ferramenta bastante interessante para os produtores, pois trata a propriedade de forma heterogênea, cada talhão de forma individual. Por isso, permite analisar a variabilidade espacial de cada talhão, para posterior tomada de decisão, auxiliando na racionalização dos insumos e, consequentemente, no aumento de produtividade.

Outra ferramenta que vem sendo utilizada para melhorar a eficiência e eficácia de operações agrícolas é o controle estatístico do processo (CEP), o qual permite auxiliar no controle efetivo da variáveis relacionadas a processos agrícolas, limitando-os a padrões aceitáveis (NORONHA et al. 2011). O uso do CEP tem sido relatado no estudo da qualidade da distribuição longitudinal durante o processo de semeadura do milho (NETO et al., 2015; DIAS et al., 2014; MELO et al., 2013).

As semeadoras desempenham fundamental importância nos cultivos agrícolas, uma vez que operam em grandes áreas com a função de depositar adequadamente as sementes (DIAS et al., 2014). Para um bom desenvolvimento da cultura, é necessário a regulagem da maquina semeadora e a verificação de parâmetros – velocidade de semeadura, profundidade e quantidade de sementes por metro além de outros fatores relacionados ao desenvolvimento da cultura.

Portanto, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial e qualidade de semeadura do milho safrinha.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Agricultura de precisão

A evolução da informática, tecnologias em geoprocessamento, sistemas de posicionamento global e muitas outras tecnologias estão proporcionando a agricultura uma nova forma de se enxergar a propriedade rural, deixando de ser uma somente e sim várias propriedades dentro da mesma, porém com características específicas. Esta mudança na forma de fazer agricultura está tornando cada vez mais o produtor rural um empresário rural, por controlar cada vez mais a linha de produção.

Esta mudança é necessária para que se entenda que a propriedade não é homogênea e sim que se trate cada parte conforme as suas necessidades, fazendo com que o produtor tenha o conhecimento detalhado em cada parte da linha de produção ou cada metro quadrado da sua propriedade (TSCHIEDEL et al., 2002).

Segundo SILVA et al. (1999) o desenvolvimento de pesquisas em agricultura de precisão iniciou-se a partir de 1980, no inicio as pesquisas concentravam-se na área de desenvolvimento de sensores. A partir de 1990 apareceram-se os primeiros GPS (Sistema de Posicionamento Global), o que contribuiu para o aumento no número de pesquisas voltadas para a agricultura de precisão. Atualmente, há um grande numero de indústrias fabricando máquinas, bem como empresas especializadas no desenvolvimento de softwares para agricultura de precisão.

Além disso, à popularização da internet deu um grande impulso para a agricultura de precisão o que intensificou a troca de informações entre grupos de pesquisa e permitiu a publicação de experiências que estão sendo desenvolvidas em agricultura de precisão, e também características dos produtos que estão em oferta no mercado. A agricultura de precisão se constitui como uma ferramenta de grande potencial, que possibilita ao agricultor o mapeamento do solo, aplicação de insumos e estatísticas de colheita, considerando a área de modo heterogêneo, a fim de controlar a utilização de insumos e otimizar o consumo de energia.

A agricultura de precisão é a tecnologia cujo objetivo consiste em aumentar a eficiência, com base no manejo diferenciado de áreas na agricultura. A

agricultura de precisão não consiste simplesmente na habilidade de aplicar tratamentos que variam de local para local, porém, deve ser considerada com a habilidade em monitorar e acessar a atividade agrícola, precisamente em um nível local, tanto que as técnicas de agricultura de precisão devem ser compreendidas como uma forma de manejo sustentável, na qual as mudanças ocorrem sem prejuízos para as reservas naturais, ao mesmo tempo em que os danos ao meio ambiente são minimizados. Além de útil , esta definição engloba a ideia de compromisso no uso da terra, relativamente as gerações futuras. Ou seja, um manejo sustentável implica algo mais além da manutenção dos índices de produtividade (MANTOVANI et al., 1998).

Segundo Molin (2004), a agricultura de hoje em dia praticada pela média, deixa de considerar aspectos muito importantes. Atualmente, com acesso aos mapas de produtividade, é possível observar que as lavouras em geral, apresentam manchas com produtividades extremamente variadas, levando a crer que o que se pratica na atualidade é uma simplificação, por falta de recursos técnicos para maior detalhamento das informações.

Segundo Molin (2001) o ciclo da agricultura de precisão inicia-se pelos mapas de produtividade, que na agricultura pela média se resume a um número, porém, na agricultura de precisão representa a produtividade em cada ponto da lavoura, sendo, portanto, considerado pelos pesquisadores uma informação completa para se visualizar a variabilidade espacial das lavouras. Algumas técnicas como fotografias aéreas, imagens de satélites, videografia e a condutividade elétrica do solo vem sendo testadas para identificar essas manchas de produtividade, no entanto nenhuma informação é mais real que a própria resposta da cultura.

O próximo passo do ciclo, já com a informação da variabilidade da lavoura, é ir em busca dos culpados por essa variabilidade. Normalmente parte-se para investigação da fertilidade do solo por meio de uma criteriosa amostragem. Após essa amostragem são analisados esse conjunto de dados e então gerados os mapas, a partir dos quais é preciso saber interpretar as informações, para que se obtenha um resultado satisfatório no campo. Por último, quando já se sabe quem esta causando essas diferenças na produção, parte-se para o tratamento localizado dos fatores considerados culpados. No entanto, ainda segundo Molin (2001), para chegar a esse ponto o agricultor terá percorrido um longo caminho de coleta de informação, interpretação e diagnóstico.

Molin (2001) cita que a implantação da agricultura de precisão nas propriedades brasileiras deve ser lenta e gradual, em que o aspecto econômico desse processo é o que tem de certa forma limitado esse sistema por razões óbvias: para se medir o benéfico de uma nova tecnologia é necessário executá-la por completo, e o ciclo completo da agricultura de precisão requer tempo, o que tem sido a maior dificuldade, além do fato de que a rentabilidade desse sistema tem sido menos evidente em culturas de baixo valor agregado do que em culturas mais nobres e intensas, porém, mesmo com essas dificuldades, a adoção da agricultura de precisão nas propriedades brasileiras vem crescendo.

Segundo Mantovani (2000), a agricultura de precisão necessita de algumas tecnologias ou ferramentas básicas, tais como: GPS (Global Positioning System), sistemas de informações geográficas (SIG) e sensoriamento remoto.

O sistema de posicionamento global consiste da triangulação de um conjunto de satélites, normalmente 24 satélites, que por meio do cálculo da distância baseada na diferença de tempo de transmissão dos sinais entre o receptor do usuário e os satélites determinam o posicionamento terrestre. No mínimo, são necessários três satélites para o posicionamento, porém, para aumentar a precisão de tempo e posicionamento, normalmente os receptores utilizam quatro satélites (MOLIN, 1998).

Os SIGs consistem na aplicação de softwares que analisam os dados espaciais obtidos no campo, sendo uma ferramenta de manipulação de dados espaciais, ou um modo de digitalização de mapas, possibilitando a organização, a análise estatística e a apresentação de diversos tipos de dados espaciais num sistema comum de coordenadas geográficas (NATIONAL ACADEMY PRESS, 1997). Cada conjunto de dados é agrupado em mapas, como por exemplo, o mapa de fertilidade de solos, de tipos de solos, topografia, pragas, plantas daninhas, doenças, umidade, etc. Com estes sistemas podem ser feitas comparações entre vários mapas, possibilitando desta maneira o melhor entendimento do sistema de produção agrícola, sendo possível a criação de modelos agronômicos e sistemas de suporte a tomada de decisão (MAROIS, 2000). O SIG é uma ferramenta utilizada para análise dos dados de distribuição espacial, elaborando mapas de cada atributo, analisando e correlacionando-os.

O sensoriamento remoto trata de medições à distância, ou seja, sem contato físico entre o alvo e o sensor, envolvendo o estudo da interação da radiação eletromagnética com os objetos terrestres. O processamento digital de imagens (CROSTA, 1993) envolve aplicativos que processam arquivos do tipo raster, ou seja, definidos segundo formato de matriz (malha regular), como imagens orbitais. Algumas das funções dos aplicativos de processamento digital também são utilizadas por SIGs.

2.2 Geoestatística

A agricultura de precisão requer princípios de manejo de acordo com a variabilidade no campo, o que exige novas técnicas para estimar e mapear a variabilidade espacial dos atributos e propriedades do solo. O aumento da qualidade da estimação depende da escolha dos métodos de interpolação que obtenham dados dos solos em locais não amostrados; e da aplicação apropriada de métodos indicados para as características dos dados (KRAVCHENKO e BULLOCK, 1999).

Os fundamentos da agricultura de precisão se baseiam na aplicação de tecnologias de maneira localizada de acordo com a variabilidade espacial. A ferramenta de análise geoestatística se constitui na maneira mais correta que sem tem conhecimento para analisar a variabilidade espacial (VIEIRA, 2003).

A geoestatística é um tópico especial da estatística aplicada que trata de problemas referentes às variáveis regionalizadas, àquelas que têm comportamento espacial mostrando características intermediárias entre as variáveis verdadeiramente aleatórias e as totalmente determinísticas (LANDIM, 1998).

A teoria fundamental da geoestatística é a esperança de que, na média, as amostras próximas no tempo e espaço sejam mais similares entre si do que as que estiverem distantes (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989).

Há necessidade absoluta de conhecimento adequado da variabilidade espacial das características do ambiente agrícola, sem o qual existe o risco de aplicações inapropriadas dos resultados. Entre as aplicações da geoestatística voltadas para prover informações em suporte da agricultura estão a caracterização e a

modelagem espacial e temporal, das quais resulta a produção de mapas precisos para bases de informação da área de produção (McBRATNEY et al., 2005).

Segundo Zimback (2003), alguns métodos estimadores geoestatísticos da autocorrelação espacial são usados como ferramentas de continuidade espacial, como o variograma ou semivariograma, o covariograma e o correlograma. Essas ferramentas são usadas para investigar a magnitude da correlação entre as amostras e sua similaridade ou não, com a distância

Para a confecção do semivariograma, todos os dados são pareados em todas as combinações possíveis e agrupados dentro de classes (Lags) de distâncias e direções aproximadamente iguais. Esse processo é efetuado dentro do módulo "Análise do semivariograma", onde são construídos os semivariogramas experimentais (DEUTSCH e JOURNEL, 1998), sendo neles verificada a possibilidade das variáveis estudadas possuírem a propriedade de anisotropia que é a não homogeneidade das distribuições das variâncias em ângulos diferentes no espaço (ENGLUND e SPARKS, 1988).

Segundo Bernardi et al. (2014), para se estimar uma correlação espacial, comumente se usa o método de interpolação por Krigagem, que consiste em ponderar os vizinhos mais próximos do ponto a ser estimado, obedecendo aos critérios de não tendenciosidade, que significa que, em média, as diferenças entre valores estimados e observados para o mesmo ponto devem ser nulas e ter mínima variância, ou seja, que os estimadores possuam a menor variância dentre todos os estimadores não tendenciosos.

2.3 Semeadura

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 2002). Campos et al. (2008) afirmam que o aprimoramento de operações agrícolas é fundamental devido a sua influência direta sobre a germinação, desenvolvimento e produtividade das plantas.

Bowman (1987) e Ford e Hicks (1992) citam que a eficiência de mecanismos de distribuição de sementes em semeadoras-adubadoras é analisada pelos seguintes critérios: profundidade de deposição das sementes, número de plântulas emergidas, espaçamento entre sementes, deslizamento de rodas de tração e acionamento, força de tração exigida e potência consumida.

A utilização de máquinas e equipamentos agrícolas, quando feita de maneira correta, melhora a eficiência operacional e aumenta a capacidade efetiva de trabalho, facilitando assim as tarefas dos agricultores, além do mais possibilita a expansão das áreas de semeadura, proporciona melhores produtividades e permite atender ao cronograma de atividades em um tempo hábil (DELAFOSSE, 1986).

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 (DELAFOSSE, 1986). Esses fatores podem ser afetados por inúmeras variáveis, sendo a velocidade de semeadura uma das mais importantes (KURACHI et al., 1989).

Segundo Beeree & Company (1986), o tubo condutor deve ser curvado em sentido contrário ao movimento dosador de sementes em relação ao solo. Assim as sementes sairiam do tubo em uma direção que lhes forneça um componente horizontal de velocidade igual e de sentido oposto ao do componente horizontal de velocidade proporcionada pelo movimento do dosador de sementes em relação ao solo, evitando assim saltos e rolamentos das sementes para fora do ponto de destino na linha de plantio.

O tubo do condutor além de compensar ou neutralizar o componente de velocidade horizontal, deve ser construído de forma a minimizar os saltos ou rebotes das sementes no seu interior, de modo a ter tempos de permanência de sementes dentro do tubo relativamente uniformes, ou seja, baixa variabilidade do tempo de descarga entre sementes consecutivas (BEERE e COMPANY, 1986).

Os fabricantes de semeadoras-adubadoras, com a finalidade de proteger o mecanismo dosador distribuidor de sementes contra resíduos deixados em terrenos recem-desbravados, tem optado pela sua colocação o mais distante possível da superfície do solo, isso implica em tubos condutores mais compridos que contribuem para irregularidades na distribuição longitudinal de sementes (MANTOVANI & BERTAUX, 1990).

No mercado brasileiro, são disponíveis várias marcas e modelos de semeadoras-adubadoras, que basicamente utilizam os seguintes sistemas de distribuição de sementes: (RODRIGUES, 2008).

-Pratos ou discos: utiliza discos rotativos perfurados, que devem ser trocados conforme as dimensões das sementes e a quantidade a ser distribuída no solo, além de exigirem regulagem na rotação conforme a velocidade de deslocamento da máquina, permitindo ao agricultor uma regulagem de acordo com o estande desejado.

-Pneumático: opera também com discos dosadores perfurados rotativos, nos quais as sementes aderem a cada furo devido ao vácuo criado por uma corrente de ar que os atravessa, causando a sucção de um ventilador, sendo as sementes liberadas, quando o vácuo é neutralizado por um obturador, e captadas por tubos distribuidores. Como nos outros sistemas, para cada tipo de semente, deve-se dispor de um disco dosador e fazer uma regulagem de velocidade adequada.

2.4 Ferramentas de qualidade

A ênfase para buscar melhorias da qualidade deve ser concentrada em melhoramentos contínuos, atitudes que promovidas continuamente, permitam reconhecer os problemas, priorizar ações corretivas, implantá-las e dar seqüência à postura pró-ativa, agindo corretamente (SILVA, 1999).

A utilização de métodos estatísticos não garante a solução de todos os problemas de um processo, porém é uma maneira racional, lógica e organizada de determinar onde existem, sua extensão e a forma de solucioná-los. Esses métodos podem ajudar na contínua qualidade e da produtividade ao mesmo tempo (CHAMBER e WHEELER, 1992; CARNEIRO NETO, 2003; MOREIRA, 2004).

O Controle Estatístico de Processos e em particular as técnicas de Controle da Qualidade, tais como gráficos de controle, têm sido cada vez mais importantes pelo fato de desempenharem papel primordial na indústria moderna (MATTOS, 1997).

Bonilla (1995) e Montgomery (1996) ressaltam que o CEP é um conjunto de ferramentas úteis para a resolução de problemas para o alcance da estabilidade do processo e aumento da capacidade por meio da redução da variabilidade.

O CEP tem como objetivo detectar rapidamente alterações dos parâmetros de determinados processos para que os problemas possam ser corrigidos antes que muitos itens não-conformes sejam produzidos (MIGNOTI & FIDELIS, 2001).

O maior objetivo do CEP é a eliminação da variabilidade e os gráficos de controle são ferramentas eficientes que permitem a redução sistemática dessa variabilidade nas características de qualidade do produto representadas pelas variáveis monitoradas nos gráficos; os quais podem também ser usados para estimar parâmetros de um processo e, por meio desta informação, determinar sua capacidade. Assim melhora-se a qualidade intrínseca, a produtividade a confiabilidade e o custo do que está sendo produzido (MATTOS,1997).

Montgomery (1997) destaca algumas das razões que contemplam a popularidade dos gráficos de controle: são uma técnica comprovada de melhoria da produtividade; são eficazes na prevenção de defeitos; evitam ajustes desnecessários nos processos; fornecem informações confiáveis para diagnóstico sobre o desempenho e capacidade dos processos.

Um gráfico de controle é um conjunto de pontos (amostras) ordenados no tempo, que são interpretados em função de três linhas horizontais paralelas: uma linha central, que representa o valor médio da característica da qualidade sob medição, quando o processo está sob controle (LMC) e duas linhas estabelecidas simetricamente a uma distância de 3 desvios padrões (3σ) da linha central denominados de Limite Superior de Controle (LSC) e Limite Inferior de Controle (LIC). O intervalo definido pelos limites de controle do gráfico chama-se Região de Continuação e representa-se por C, e ao complementar de C chama-se Região de Aviso ou Sinal do Gráfico e representa-se por T (MATTOS, 1997).

A capabilidade do processo é uma ferramenta que trata da análise da estabilidade do processo e a variabilidade do processo, bem como sua posição em relação aos limites estabelecidos, e na comparação de processos com diferentes equipamentos (BAYEUX, 2001).

A análise da capabilidade (capacidade) do processo produtivo é um procedimento para avaliar a condição de um processo em atender as especificações de determinada característica da qualidade do produto. Em outras palavras, isso implica na análise da estabilidade e variabilidade do processo, bem como o exame de sua posição relativa aos limites e centro do campo de tolerância da característica de interesse. Assim, o estudo da capacidade do processo visa a determinar o comportamento (existente ou desejável) do processo, de modo que as tolerâncias de projeto do produto possam ser satisfeitas com os recursos disponíveis, ou de outra forma, na especificação de características de novos equipamentos produtivos ou na comparação de processos com diferentes equipamentos. Matematicamente falando, a análise do processo é desenvolvida mediante a aplicação de técnicas estatísticas que permitem determinar o tipo e a forma da distribuição (modelo probabilístico) da saída do processo (valores medidos da característica da qualidade do produto), sua dispersão e localização, tendo como referência o campo de tolerância especificado em projeto (BAYEUX, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O trabalho foi conduzido na FAECA – Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22º14'S, longitude de 54 º59'W e altitude de 434 m. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen. O solo da área é um Latossolo Vermelho distroférrico,

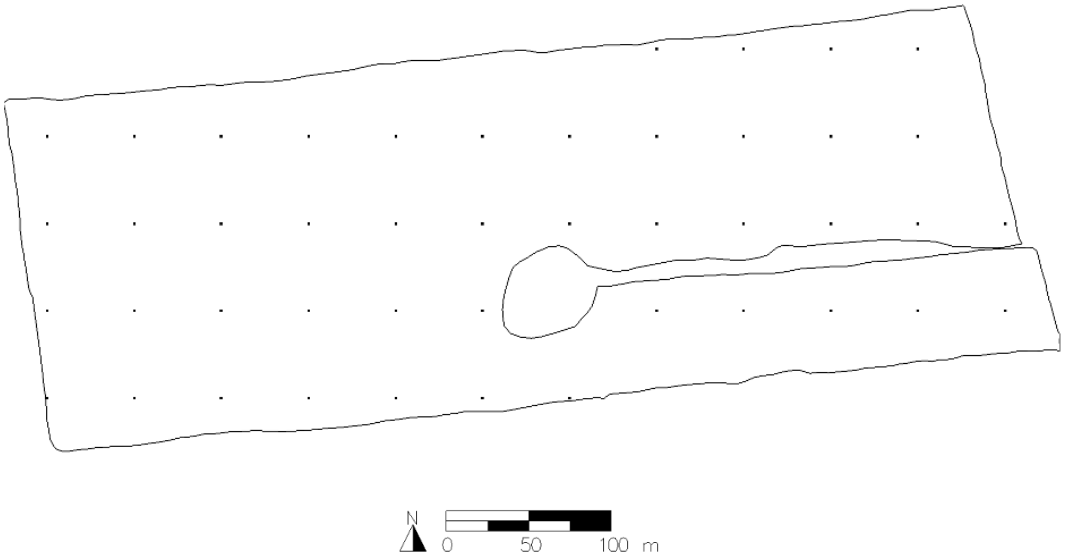

FIGURA 1. Área e malha amostral

3.2 Equipamentos e a coleta dos dados

Na semeadura foi utilizado um trator 4x2 TDA, com 67,71 kW (92 cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2400 rpm, com pneus dianteiros 7.50-18 e traseiros 18.4-34, e massa de 3.400 kg. A semeadora-adubadora utilizada foi com sistema pneumático de distribuição, e haste sulcadora para adubo, possuindo quatro fileiras para milho, espaçados de 0,90 m, com dosador de adubo tipo helicoide, discos para sementes de 45 furos, e rodas duplas anguladas (V) para compactação. A semeadora foi regulada para distribuir 6 sementes de milho por

metro da cultivar G-210 com 99% de pureza e 90% de germinação, na profundidade de 0,05 m, com velocidade de semeadura de 6,7 km h^{-1}

A área experimental foi conduzida por mais de 20 anos em sistema plantio direto, com 21,01 ha, tendo como culturas de verão soja e inverno milho, em um sistema de sucessão de culturas sem revolvimento do solo.

Foi utilizada uma malha amostral composta de 45 pontos amostrais distribuídos na área por meio de um sistema informatizado com uma amostra a cada 0,5 ha.

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 vez o Xref (espaçamento de referência), normais" (A): 0,5<Xref.< 1,5, e "falhos" (F): > 1,5 o Xref, em que Xref é o valor de espaçamento de referência, que foi de 0,25 m. Ou seja, valores menores que 0,125 m foram considerados duplos e valores de espaçamentos acima de 0,375 m 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 Ryan-Joiner para verificar a normalidade dos dados.

3.4.2 Geoestatística

A modelagem dos semivariogramas foi realizada no software FalkerMap Plus (FALKER, 2011). Posteriormente foi realizada a interpolação por krigagem ordinária, sendo esta uma técnica de interpolação para estimativa de valores de uma propriedade em locais não amostrados. Por meio da interpolação por krigagem, os mapas de isolinhas (bidimensionais) foram construídos para o detalhamento espacial dos dados coletados, utilizando uma grade de interpolação de 20 m.

3.4.3 Controle estatístico do processo

Para averiguar a estabilidade do processo foi utilizado as cartas de controle a partir dos limites inferior (LIC) e superior de controle (LSC) (TRINDADE et al., 2000). Foi aplicado para considerar o sistema sob controle de erros do tipo 1 e 2. O erro do tipo 1 acontece quando o valor no ponto ultrapassa 3 vezes o desvio padrão. O erro do tipo 2 ocorre quando existe 7 pontos consecutivos do mesmo lado, seja acima ou abaixo da média.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estatística descritiva

Os dados dos espaçamentos obtidos na avaliação da distribuição longitudinal de sementes para a semeadora-adubadora pneumática, com velocidade de semeadura de 6,7 km h^{-1}, seguem no Quadro 1. A média obtida em relação ao estande de plantas foi de 3,99 plantas por metro, a qual encontra-se abaixo da média de 5,4 sementes/metro, ideal para esse sistema, considerando que a semeadora foi regulada para distribuir 6 sementes por metro, além do fato de as sementes apresentarem uma porcentagem de germinação de 90% (Quadro 1). Outro fator que pode ter vindo a influenciar esse resultado é a qualidade (viabilidade) da semente utilizada na semeadura, na qual não se alcançou os 90% no percentual de germinação.

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

Parâmetros	Espaçamentos			
	Estande (plantas por metro)	Normal (%)	Falho (%)	Duplo (%)
Média	3,99	66,26	19,82	13,92
DP	1,22	14,58	15,28	12,76
Variância	1,48	212,67	233,37	162,71
CV	30,53	22,01	77,08	91,63
Mínimo	1,00	40,00	0	0
Máximo	6,50	100,00	50,00	53,85
Assimetria	0,05	0,22	0,36	0,76
Curtose	-0,32	-0,68	-0,85	0,72
Probabilidade	0,11*	0,17*	0,03**	<0,05**

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

Para Martins e Donaire (1990) coeficiente de variação (CV) trata-se de uma medida relativa de dispersão, útil para a comparação em termos relativos do grau de concentração em torno da média de séries distintas. No estande de plantas o CV foi de 30,53% (Quadro 1), CV > 30% é considerado muito alto, ou seja, obteve-se uma precisão considerada muito baixa. Porém, para efeitos práticos costuma-se considerar que CV superior a 50% indica alto grau de dispersão e, consequentemente, pequena representatividade da média, segundo (MARTINS E DONAIRE, 1994).

Assimetria é o grau de desvio, ou afastamento da simetria, de uma distribuição. Segundo Martins e Donaire (1994), se a assimetria for maior que zero a distribuição é assimétrica positiva. No estande de plantas a porcentagem assimétrica foi de 0,05, portanto, pode ser considerada positiva (Quadro 1). Curtose é o grau de achatamento de uma distribuição, considerado usualmente em relação a uma distribuição normal (SPIEGEL, 1994). O grau de curtose foi de -0,32 no estande de plantas. Em relação à probabilidade, no estande de plantas obteve-se o valor de 0,11, considerado não significativo, ou seja, dados normais (Quadro 1).

Na distribuição longitudinal, as médias foram 66,26% para distribuição normal, 19,82% para distribuição falho e 13,92% para distribuição duplo (Quadro 1). De acordo com as metas estabelecidas, os resultados foram abaixo do esperado com relação a distribuição longitudinal normal. O valor obtido para distribuição longitudinal normal foi abaixo da capacidade da semeadora, já que, segundo Mialhe (1996), uma semeadora pneumática deve ter uma precisão de 90%. A distribuição falha e duplo também tiveram resultados insatisfatórios, porém, o duplo obteve um resultado melhor em relação ao falho, pois ficou mais próximo da meta para a distribuição longitudinal de plântulas que era de 10%.

Para o coeficiente de variação (CV) os resultados foram 22,01% para distribuição normal (Quadro 1), o que é considerado um CV alto; 77,08% para falho, e 91,63% para duplo, que são considerados CV muito alto (MARTINS E DONAIRE, 1994).

Na assimetria os resultados para distribuição normal, falho e duplo foram de 0,22 e 0,36 e 0,76, respectivamente (Quadro 1), portanto, considerados assimétricos positivos. O grau de curtose foi de -0,68 para distribuição normal, -0,85 para falho e 0,72 para duplo. A probabilidade foi de 0,17 para normal, o que é considerado não significativo; porém, para falho e duplo os resultados foram de 0,03 e < 0,05, respectivamente, considerados, portanto, significativos simétricos, dados não normais.

4.2 Geoestatística e mapas de isolinhas

No Quadro 2 estão expostos os dados ajustados do semivariograma para as respectivas variáveis analisadas, plantas por metro e a distribuição longitudinal. Foi escolhido um modelo teórico ajustado de acordo ao semivariograma experimental, o modelo utilizado foi o Esférico, que é um modelo básico, que pode ser utilizado para modelar fenômenos que possuem capacidade infinita de dispersão (Tabela 2).

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

	Espaçamentos			
	Estande	Normal	Falho	Duplo
Modelo	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico
Co	0,00	0,00	0,00	0,00
Co+C	2,31	253,89	305,77	246,69
A (m)	469,23	563,57	567,78	431,16

Segundo Valente (1989) o efeito pepita Co reflete as microestruturas não captadas pela menor escala de amostragem, erros de amostragem, de analises laboratoriais, etc. O efeito pepita Co foi zero tanto para o estande quanto para a distribuição normal, falho e duplo (Quadro 2).

O patamar equivale ao ponto onde toda semivariância da amostra é de influência aleatória, corresponde a variância total obtida pela estatística clássica (TRAGMAR et al., 1985). Para os dados do estande o patamar Co+C foi de 2, 31 (Quadro 2), o que segundo Cambardella et al. (1994) significa que há forte dependência espacial. Para a distribuição normal, falho e duplo o patamar Co+C foi de 253,89; 305,77; 246,69 respectivamente, o que indica que houve fraca dependência espacial (Quadro 2).

Para Guerra (1988) o alcance corresponde ao conceito da zona de influência ou de dependência espacial de uma amostra, marcando a distância a partir da qual as amostras tornam-se independentes. No estande, o alcance foi de 469,23 m; em relação à distribuição, para normal o alcance foi de 563,57 m, para falho foi de 567,78 m, e duplo foi de 431,16 m (Quadro 2) .

Na Figura 2 pode-se observar os diferentes percentuais de estande na área avaliada, a semeadora pneumática foi regulada para distribuir 6 sementes de milho

por metro com germinação de 90%, o que compete a cerca de 5.4 sementes por metro. No estande de plantas 17,24% da área apresentou um número abaixo de 3 plantas por metro; 31,61% da área apresentou de 3 a 4 plantas por metro; 37,16% da área apresentou de 4 a 5 plantas por metro; e 11,69% da área apresentou de 5 a 6 plantas por metro, e apenas 02,30% da área obteve acima de 6 plantas por metro (Figura 2). Esses resultados demonstram que 68,77% da área apresentou estande de 3 a 5 plantas por metro, o que não é um resultado satisfatório, considerando a porcentagem de germinação das sementes de 90% e a precisão de 90% da semeadora pneumática.

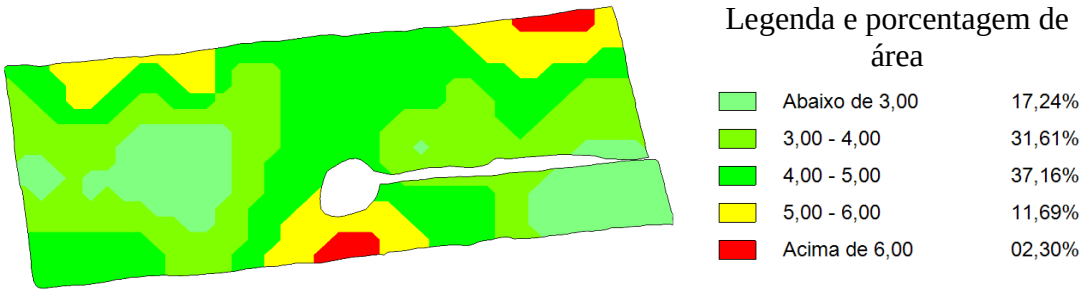

FIGURA 2. Mapas do estande de plantas por metro.

Coelho (1996) recomenda que semeadoras equipadas com dosadores pneumáticos, devem proporcionar uma distribuição longitudinal de sementes nas linhas acima de 90% . O resultado satisfatório considerando a porcentagem de germinação e a precisão da semeadora seria de 5 a 6 plantas por metro, porém o mesmo ocorreu em apenas 11,69% da área (Figura 2).

A agricultura atualmente é de precisão e a manutenção de um estande é importante no alcance de altas produtividades na cultura do milho (CORTEZ et al., 2006; DIAS et al., 2009), uma vez que esta é condicionada pela população final de plantas, com distribuição uniforme de plantas na área (VIAN et al., 2016). Para isso, porém, é necessário que as sementes sejam dosadas de maneira correta (DIAS et al., 2014).

Em relação aos mapas de distribuição longitudinal, a Figura 3A corresponde a distribuição normal, que são espaçamentos entre 0,125 m e 0, 376 m, levando em consideração que a semeadura foi realizada com uma semeadora pneumática. A maior parte da área, cerca de 66,48%, apresentou resultados abaixo de 60,00% e entre 60,00 - 70,00% na distribuição longitudinal de sementes

esperada; 26,25% da área apresentou entre 70,00 - 80,00%; 06,32% da área apresentou entre 80,00-90,00% (Figura 3A). O resultado obtido foi muito abaixo do esperado, somente 00,96% da área apresentou distribuição normal acima de 90%, que era o percentual de distribuição de sementes esperado (Figura 3A).

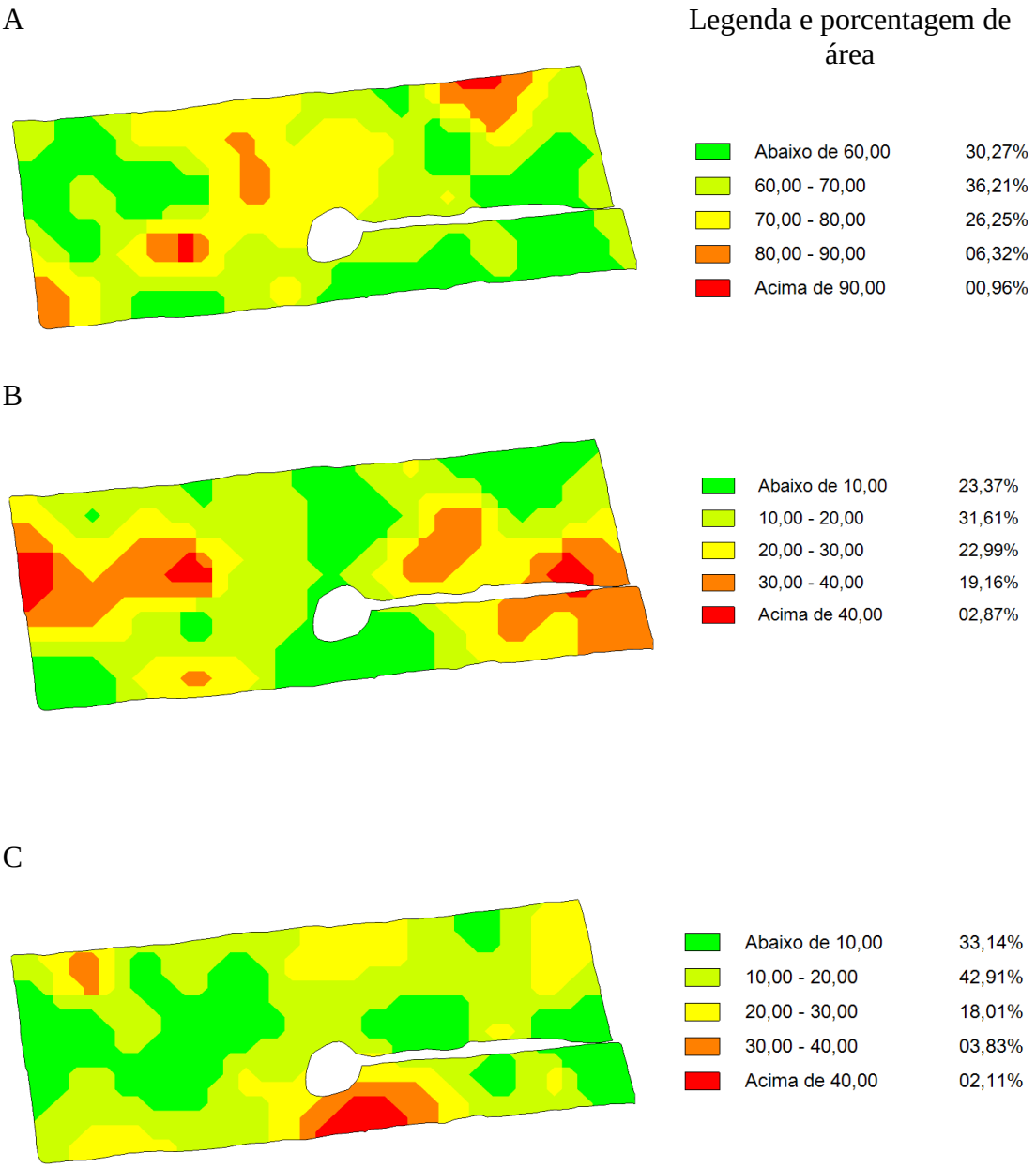

FIGURA 3. Mapas da distribuição longitudinal (normal - A, falho - B e duplo - C).

A Figura 3B representa a distribuição falha, em que de acordo com a metodologia utilizada são considerados falhos espaçamentos maiores que 0,376 m, já que Coelho (1996) cita que semeadoras equipadas com dosadores pneumáticos, devem proporcionar uma distribuição longitudinal de sementes nas linhas acima de

90%, então a porcentagem ideal para falho seria de no máximo 10%, porém somente 23,37% ficou abaixo dos 10% e cerca de 54% da área apresentou resultado de 10 a 30 % de distribuição falho, e 22,03 % da área apresentou distribuição falho de 30% até acima de 40 %. (Figura 3B), considerando-se a soma entre as respectivas porcentagens de falhos nos intervalos de porcentagem de área.

A Figura 3C corresponde a distribuição dupla, que segundo a metodologia utilizada são espaçamentos menores que 0,125 m, cuja a porcentagem ótima seria de no máximo 10%, porem a maior parte da área, 42,91%, apresentou resultados entre 10 a 20 % de distribuição dupla, e 33,14% da área ficou na faixa do ideal que é abaixo de 10% de distribuição falho, o restante da área cerca de 23,9 % apresentaram resultados divididos de 20 a 30%, de 30 a 40% e acima de 40%, sendo a maior porcentagem na faixa dos 20 a 30% e a menor na faixa acima de 40% (Figura 3C).

Neto et al. (2015) relataram que os principais motivos pelos quais há inadequada distribuição longitudinal, são: 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.

4.3 Controle de qualidade

Segundo Diniz (2012), um gráfico de controle é formado pelas especificações da média e dos limites inferior e superior do processo e pela plotagem dos valores colhidos pelas amostras. O processo é considerado sob controle, quando existe a probabilidade de que ocorram apenas três pontos em cada mil nas zonas externas às linhas superior e inferior de controles. Na prática, a ocorrência de um ponto fora desses limites de controle indica a presença de uma causa anormal.

O número de plantas por metro, ilustrado na figura 4 mostrou comportamento instável durante a operação de semeadura, apresentando um ponto fora do limite inferior de controle (observação nº 19). Entre os pontos 7 e 8 situados de vermelho, indica que houve uma mudança de posição da média, pois o gráfico mostrou oito pontos consecutivos acima da linha central, e entre os pontos 16 e 20 houve um

ponto fora do limite inferior de controle, indicando que o processo não esta sob controle (Figura 4).

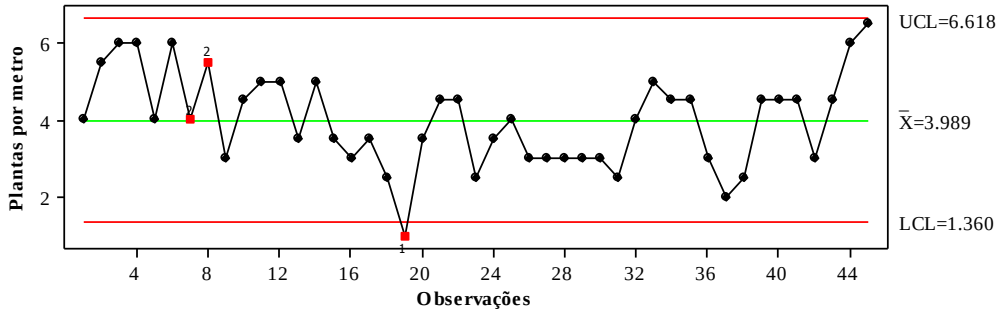

FIGURA 4. Cartas de controle para estande de plantas.

Na carta de controle para distribuição longitudinal normal (Figura 5), verificou-se que o processo está sob controle, pois não apresentou pontos fora dos limites superior e inferior de controle, e a distribuição permaneceu estável ao longo da média.

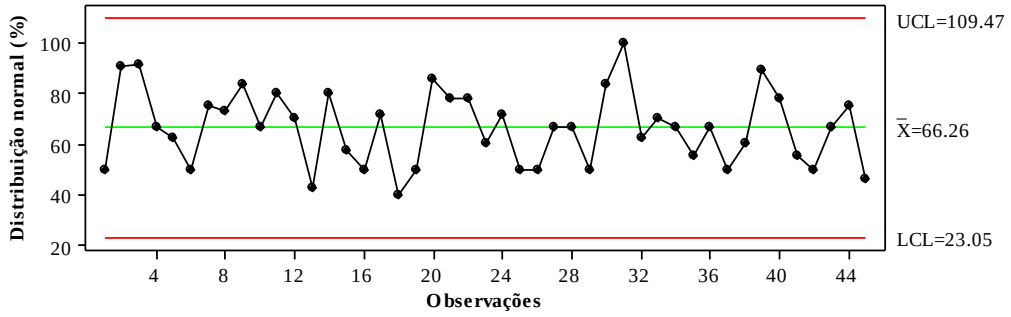

FIGURA 5. Cartas de controle para distribuição longitudinal normal.

Na carta de controle para distribuição longitudinal duplo (Figura 6), apresentou um ponto fora do limite superior que é o 45, indicando que há uma anormalidade no processo, portanto o mesmo indica que o processo está fora de controle.

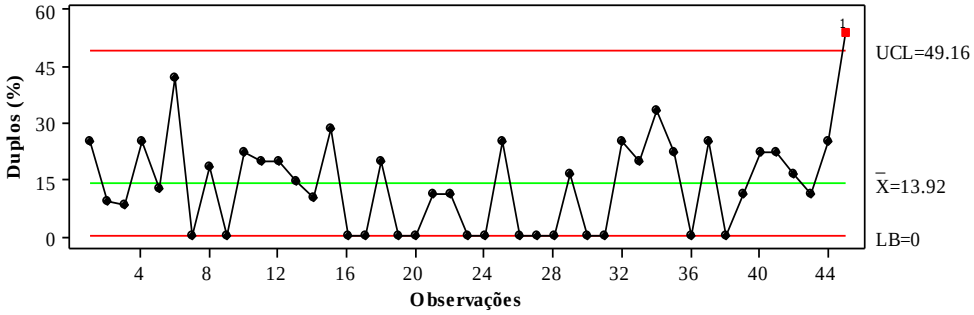

FIGURA 6. Cartas de controle para distribuição longitudinal duplo.

Na carta de controle para distribuição longitudinal falho (Figura 7) o processo apresentou uma condição anormal entre os pontos 28 a 32, a condição anormal apresentada foi devido a 7 pontos consecutivos acima da média central, o que indica uma mudança de posição da média. Apesar de ocorrer este erro do tipo 2, o mais utilizado para verificar se o processo é estável é do tipo 1, fora dos limites, o que não ocorreu neste caso. Ou seja, o processo esta sob controle (Figura 7).

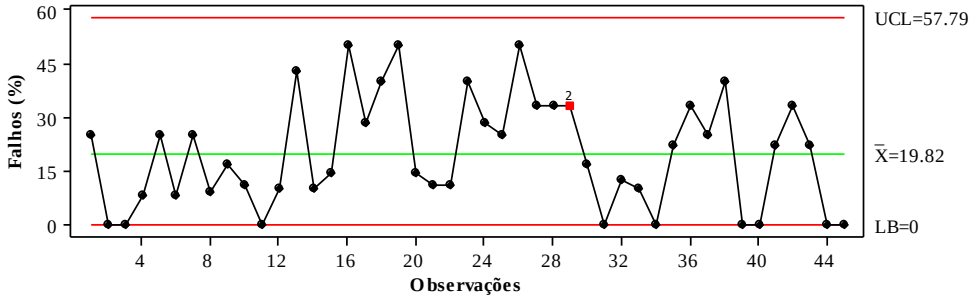

FIGURA 7. Cartas de controle para distribuição longitudinal falho.

Diante da dificuldade de determinar todos os fatores envolvidos nas operações agrícolas, o CEP pode ser utilizado na agricultura com o intuito de identificar fatores que melhorem a eficiência e a eficácia dessas operações, desse modo o uso da ferramenta de qualidade é necessário para garantir o desempenho adequado do processo em função dos fatores críticos (MELO et al., 2013). Desse modo, é fundamental um estudo mais detalhado da qualidade da operação de semeadura de milho safrinha, conhecendo-se em diferentes áreas os possíveis fatores críticos (velocidade de semeadura, para órgãos ativos, etc.), a fim de fornecer resultados satisfatórios para os agricultores da região, que possibilitarão, juntamente com outras praticas de manejo, elevar o estande e distribuição longitudinal de sementes de milho e, consequentemente, a produtividade da cultura.

5 CONCLUSÕES

O estande de plantas e a distribuição longitudinal dos espaçamentos normais, falhos e duplos para o milho apresentaram dependência espacial.

O estande de plantas e a distribuição normal ficaram abaixo dos valores mínimos exigidos para semeadura de qualidade.

O estande plantas pelo controle estatístico de qualidade foi considerado fora de controle, como também a distribuição longitudinal dos espaçamentos falhos.

Em geral, a semeadura do milho realizada nesta propriedade foi considerada de baixa qualidade, por não atingir os valores mínimos exigidos de estande de plantas na distribuição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

BAYEUX, C. Análise da capabilidade de processos (Parte 1). Revista Banas Qualidade, São Paulo, n. 108, 2001.

BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. Agricultura de precisão- Resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa 2014. 596 p.

BEERE & COMPANY, Jay Harold Olson. Tubo de semear e dosador de sementes. PI 8600790. 5 fev. 1986. Revista Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, n.837, 40p. nov. 1986.

BONILLA, J.A. Métodos quantitativos para qualidade total na agricultura. 2.ed. Contagem: Líttera Maciel, 1995. 250p.

BOWMAN, D.I. Feasibility studies on planting corn trials to a stant. Crop Science, Madison, v. 27, n. 6, p.1231-1234, 1987.

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, Jaboticabal, v. 28, n. 03, p. 554-564, 2008.

CAMBARDELLA, C. A., MOORMAN, T. B., NOVAK, J. M., PARKIN, T. B., KARLEN, D. L., TURCO, R. F., KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J., v.58, p. 1501-1511, 1994.

CARNEIRO NETO W. Controle estatístico de processo CEP. Recife: UPE-POLI; 2003.Ciência Rural, Santa Maria**,** v.32, n1, p.159-163, 2002.

CHAMBER D.S.; WHEELER, D.J. Understanding statistical process control.2.ed. Knoxville: SPC Press, 1992. P.12-20.

COELHO, J.L.D. Ensaio & certificação das máquinas para a semeadura. In MIALHE, L.G. Maquinas agrícolas: ensaio & certificação. Piracicaba: fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz, 1996. P. 551-569.

CONAB (COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2014- 2015. Disponível em:http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/upload/arquivos/16_03_11_15_20_6_boletim_graos_outubro_2015.pdf> Acesso em: 18 outubro de 2015.

CORTEZ, J.W.: FURLANI, C.E.A.: SILVA, R.P.:LOPES,A. distribuição longitudinal de sementes de milho e soja e características físicas do solo no plantio direto. Engenharia Agrícola, 26:502-510, 2006.

CROSTA, A. P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas: UNICAMP, 1993, 170 p.

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

DEUTSCH, C. V., JOURNEL, A. G. GSLIB. Geostatistical software library. Oxford Unv.Press, New York, 1998. 340 p.

DIAS, V.O, ALONÇO, A.S.: BAUMHARDT, U.B.: BONOTTO, G.J. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. Ciência Rural, 39: 1721-1728, 2009.

DIAS, V.O.: ALONÇO, A.S.: CARPES,D.P.: VEIT, A.A.: SOUZA, L.B. Velocidade periférica do disco em mecanismos dosadores de sementes de milho e soja. Ciência Rural, Santa Maria, v.44, n.11, p.1973-1979, nov, 2014.

DINIZ, M. G. Desmistificando o controle estatístico do processo,1. ed. 11-70 p. 2012.

ENGLUND, E. J., SPARKS, A. Geo-EAS. User's guide. USEMS, Las Vegas, 1988. Sp.

FALKER Automação Agrícola. Manual: software para geração de mapas. Porto Alegre: Falker, 2011. 52p.

FORD, J.H.; HICKS, D.R. Corn growth and yield in uneven emerging stands.Journal of Production Agriculture. Minnessota, v. 5, n. 1. p. 185-8, 1992.

GUERRA, P. A. G. Geoestatística operacional. Brasília, MME/DNPM, 1988. 145p.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistematico da produçao agricola, v. 25, n.2 p. 1-88, 2012. Disponivel em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/Ispa/Ispa_201202.pdf

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, M. An introduction to applied geostatistics. Oxford Univ. Press., New York, 1989. 600p.

KRAVCHENKO, A. N.; BULLOK, D. G. A comparative study of interpretation methods for mapping properties. Agron. J., v. 91, p. 393-400, 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 e dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. Bragantia, Campinas, v.48, n.2, p.249-262, 1989.

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

MANTOVANI, E.C.; BERTAUX, S. Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho no campo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18., 1990, Vitória. Resumos. Vitoria: EMCAPA/EMBRAPA, 1990. p. 134.

MANTOVANI, E.C.; QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P. Máquinas e operações utilizadas na agricultura de precisão. In: SILVA, F.M. da.(Coord.). Mecanização e agricultura de precisão. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p.109-157.

MANTOVANI, E.C. Agricultura de precisão e sua organização no Brasil. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIRÓZ, D.M; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R; VALLE, F.X.R; GOMIDE, R.L. Agricultura de precisão. Viçosa: Giúdice & Borén, 2000. P. 77-92.

MAROIS, J.J. Modeling in precision agriculture. In BORÉM, A ; GIÚDICE, M.P.; QUEIRÓZ, D. M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRQ, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.L. Agricultura de precisao. Viçosa; Giúdice & Borén, 2000. p. 285-298.

MARTINS,G.A; DONAIRE,D. Princípios de Estatística. 4º edição- São Paulo: Atlas, Cap.9. P.155-170. 1990.

MATTOS, V.L.D. Implantação de controle estatístico de processo em uma olaria de pequeno porte. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Florianópolis 1997. 122p.

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.

MCBRATNEY, A. B.; WHELAN, B. M.; ANCEV, T.; BOUMA, J. Future directions of Precision Agriculture. Precision Agriculture, Nova York, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2005.

MIGNOTI, S.A.; FIDELIS, M.T. Aplicando a geoestatística no controle estatístico de processo. Revista Produto & Produção, Porto Alegre, v.5, n.2, p.55-70, 2001.

MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. Piracicaba: FEALQ, 1996. 722p.

MILAN, M.; FERNANDES, R. A. T. Qualidade das operações de preparo de solo por controle estatístico de processo. Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 59, n. 02, p.340-350, 2002.

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

MOLIN, J.P. Utilização de GPS em Agricultura de precisão. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.17, n.3, p. 121-132, 1998.

MOLIN, J.P. Agricultura de precisão : o gerenciamento da variabilidade. Piracicaba: ESALQ/USP, 2001. 83 p.

MOLIN, J.P. Tendências da agricultura de precisão no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. Anais... Piracicaba, ESALQ/USP, 2004. p 1-10.

MOREIRA, D.A. Administração da produção e operações. São Paulo: Pioneira, 2004.p.561.

NETO,P.H.W.: FORNARI, A. J.: JUSTINO, A.: GARCIA, L. C. Qualidade na semeadura do milho. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.5,n 1, p. 171-179, 2015.

NORONHA, R.H.F.: CHIODEROLI, C.A.: SANTOS, E. P.: CASSIA, M.T. Controle estatistico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açucar. Bragantia, Campinas, v. 70, n.4, p.931-938, 2011.

PRESS, A. N. Geospatial and Information Technologies in Crop Management. Washington, 1997. 149p.

RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). Cultivo do sorgo. Versão eletrônica 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

SILVA, L.S.C.V. Aplicação do controle estatístico de processos na indústria de laticínios Lacatoplasa: um estudo de caso. 1999. Dissertação. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 1999.

SPIEGEL, M.R. Estatística. Edição- São Paulo: Pearson Education do Brasil, Cap. 1. P.1-16, 1994.

TRAGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Advances in Agronomy, v. 38, p. 45-94, 1985.

TRINDADE, C.; REZENDE, J.; JACOVINE, L.; SARTORIO, M. Ferramentas da qualidade: aplicação na atividade florestal. Viçosa: UFV, 2000. 159p.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. P. Introdução a agricultura de precisão: conceitos e vantagens. Ciência Rural, Santa Maria, RS, v.32, n. 1, p.159-163, 2002.

VALENTE, J. M. G. P Geomatematica – Liçoes de geostatistica. Ouro Preto, Ed. da Fundação Gorceix, 1989. 8v.

VIAN, A.L.; SANTI. A.L.; AMADO.T.J.C.; CHERUBIN.M.R; SIMON.D.H.; DAMIAN.J.M.; BREDEMEIER.C. Ciência Rural, Santa Maria, v.46, n.3, p. 464-471, mar, 2016.

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

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: CARNEIRO NETO W. Controle estatístico de processo - CEP. Recife: UPE-POLI; 2003.p.20-38.

ZIMBACK. C.R.L.Geoestatística. Botucatu: UNESP, 2003.4p.