

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**SISTEMAS DE CORREÇÃO DIFERENCIAL NO PILOTO
AUTOMÁTICO E QUALIDADE DA SEMEADURA PNEUMÁTICA
E MECÂNICA**

DIEGO TAVARES PAGNAN

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018**

**SISTEMAS DE CORREÇÃO DIFERENCIAL NO PILOTO
AUTOMÁTICO E QUALIDADE DA SEMEADURA PNEUMÁTICA
E MECÂNICA**

DIEGO TAVARES PAGNAN

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 para
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Agrícola.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P139s Pagnan, Diego Tavares

SISTEMAS DE CORREÇÃO DIFERENCIAL NO PILOTO
AUTOMÁTICO E QUALIDADE DA SEMEADURA PNEUMÁTICA E
MECÂNICA / Diego Tavares Pagnan -- Dourados: UFGD, 2018.
30f. : 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. DGPS. 3. GNSS. 4. Semeadora. I. 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.

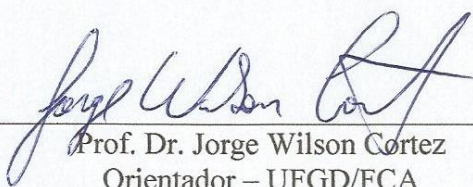
**SISTEMAS DE CORREÇÃO DIFERENCIAL NO PILOTO AUTOMÁTICO E
QUALIDADE DA SEMEADURA PNEUMÁTICA E MECÂNICA**

Por

Diego Tavares Pagnan

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

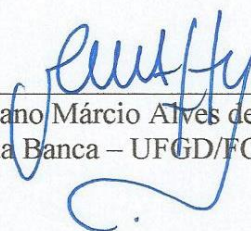
Aprovado em: 06 de fevereiro de 2018.



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



Prof. Dr. Roberto Carlos Orlando
Membro da Banca – UFGD/FCA



Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza
Membro da Banca – UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por abençoar essa caminhada, dando sabedoria e tornando possível essa realização.

A toda a equipe da Fazenda Monte Alto, pela disponibilidade, liberdade e confiança na realização desta pesquisa.

A Universidade Federal da Grande Dourados, pelo os ensinamentos, dando todo o suporte acadêmico.

Aos meus pais Celso Adelar Pagnan e Noeli Tavares Pagnan, por estar sempre me dando suporte, apoio, atenção, amor e permitindo realização desse sonho, como exemplos de dedicação e superação.

Ao professor orientador e amigo Jorge Wilson Cortez, pela paciência, confiança e ensinamentos para realização desse trabalho e por todo o suporte dando na pesquisa.

Aos meus amigos que me ajudaram, apoiaram e incentivaram em especial a Débora Monteiro, Julie Wenglity, Kéuly Medina, Priscila Jara, Rene Nabhan, Ruth Jara, Samuel Souza e Vinicius Ramos.

Aos professores Roberto Carlos Orlando e Cristiano Márcio Alves de Souza pela disponibilidade de estar participando da banca.

Enfim a todos que ajudaram, apoiaram e deram algum suporte técnico para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Páginas

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1 Agricultura de precisão	9
2.2 Sinais de correção diferencial	10
2.3 Semeadura pneumática x mecânica	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Local.....	13
3.2 Equipamentos utilizados	13
3.3 Avaliações	15
3.3.1 Piloto automático	15
3.3.2 Semeadura	15
3.4 Análise dos dados.....	16
3.4.1 Estatística descritiva.....	16
3.4.2 Geoestatística	16
3.4.3 Controle estatístico de qualidade	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1 Piloto automático	18
4.2 Semeadura	23
5 CONCLUSÃO	26
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

PAGNAN, D. T. **Sistemas de correção diferencial no piloto automático e qualidade da semeadura pneumática e mecânica.** 2018. 30f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

RESUMO

A agricultura de precisão é uma técnica que vem sendo utilizada nos dias de hoje, aplicada para o gerenciamento da variabilidade espacial e temporal do manejo no campo. Existem algumas ferramentas dentre elas o piloto automático que trabalha com sinais diferenciais de correção para sua direção. Também há diversos modelos de semeadoras-adubadoras. Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar os sinais diferenciais de correção e o desempenho de duas semeadoras-adubadoras, sendo uma dotada com o dosador mecânico e a outra com dosador pneumático. Foi selecionada uma área em que se apresentasse as mesmas características para o teste de sinais de correção e das semeadoras, em seguida foram selecionados tratores equipados, com os sistemas de sinais RTK e via satélite geoestacionário. Procedeu com a avaliação das passadas entre linhas da semeadora, assim medindo os espaçamentos entre elas e observando o sinal que menos obteve erros. Em relação ao teste de desempenho da semeadora foi realizada a contagem de números de plantas por metro. Com base nos resultados, pôde-se concluir que o sistema de correção diferencial RTK alcançou melhor desempenho comparado ao outro sinal, quanto as semeadoras-adubadora pneumática se saiu melhor na destruição de sementes por metro em relação a mecânica.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, DGPS, GNSS, semeadora.

PAGNAN, D. T. **Differential correction systems on autopilot and quality of pneumatic and mechanical seeding.** 2018. 30f. Monography (Undergraduate in Agricultural Engineering), Federal University of Grande Dourados, Dourados, MS.

ABSTRACT

Precision agriculture is a technique that is being used today, applied for the management of spatial and temporal variability of field management. There are some tools among them the autopilot that works with differential signals of correction for your direction. There are also several models of seed drills. Thus, the objective of this work was to evaluate the differential signs of correction and the performance of two seeder-fertilizers, one being equipped with the mechanical doser and the other with a pneumatic doser. An area where the same characteristics for the correction signal test and the seed drills were selected, then equipped tractors were selected, with the RTK signal systems and the geostationary satellite. He proceeded with the evaluation of the passes between rows of the planter, thus measuring the spacings between them and observing the signal that obtained the least errors. In relation to the performance test of the seeder was counted the number of plants per meter. Based on the results, it was possible to conclude that the RTK differential correction system achieved better performance compared to the other signal, as the pneumatic seed drill did better in the destruction of seeds per meter in relation to mechanics.

Key-words: Precision agriculture, DGPS, GNSS, seeder.

1 INTRODUÇÃO

O uso de máquinas e equipamentos tem como objetivo melhorar a capacidade operacional, aumentando a eficiência produtiva e facilitando o trabalho do homem no campo (MATTAR, 2010). Perdendo somente para os insumos, a mecanização simboliza o segundo componente do custo de produção, da atividade rural, e tem condições de potenciais de ser considerado como fator principal na redução dos custos (SICHONANY et al., 2011).

A utilização de sistemas de controle eletrônico em máquinas agrícolas vem crescendo nas duas últimas décadas, devido à ampla difusão dos sistemas globais de navegação por satélite (GNSS) e ao avanço da informática e da eletrônica (BALDO e MAGALHÕES, 2012). A grande vantagem dos pilotos automáticos é a diminuição de erros entre passadas, promovida pela substituição do operador no direcionamento da máquina ao longo das operações mecanizadas (BAIO e MORATELLI, 2011).

O piloto automático é usado com o apoio de receptores de sinais GNSS, assim corrigindo o posicionamento do veículo automaticamente por atuadores no volante ou propriamente em seu rodado (GARCIA et al., 2016). O piloto automático, é uma técnica que consiste, por meio da correção diferencial (DGPS), para controlar a máquina. Desse modo, devido a utilização do piloto automático, ocorre o aumento da uniformidade entre os sulcos de plantio, diminuição de consumo de óleo diesel e o aumento da capacidade operacional (MOLIN, 2008). A utilização desta tecnologia faz com que ocorra as diminuições de sobreposições e falhas na aplicação, aumentando o rendimento operacional, dessa forma proporciona maior acurácia na aplicação de insumos (SHOCKLEY e DILLON, 2008).

O piloto automático tem sido muito utilizado na implantação das culturas, em que podem ser utilizados vários tipos de semeadoras, com inúmeros mecanismos para a dosagem de sementes. Entre os mais empregados, estão os sistemas pneumáticos e os sistemas mecânicos com discos perfurados horizontais (TOURINO et al., 2009). A qualidade na semeadura é influenciada por condições como: variação na dosagem (falhas na captura e soltura das sementes), ações entre semente e tubo condutor, ricochetes dentro do sulco e entre o fechamento e compactação dos sulcos (KOCHER et al., 1998).

Portanto, o objetivo foi avaliar sinais diferenciais utilizados no piloto automático e a qualidade da semeadura pneumática e mecânica.

Logo tendo como objetivos específicos:

- ✓ Avaliar as passadas entre linhas da semeadora;
- ✓ Testar o sinal RTK (Real time kinematic) em relação ao sinal de satélite geoestacionário;
- ✓ Verificar a quantidade de sementes por metro para ambas semeadoras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Agricultura de precisão

A definição de agricultura de precisão (AP) é uma técnica de manejo tem gerado dúvidas sobre a utilização. Muitos são os produtores que vinculam a AP como um pacote de metodologias que será capaz de resolver todos os impasses da agricultura nacional (MOLIN et al., 2010). É considerada uma filosofia de gerenciamento rural que parte de informações corretas, precisas e se acaba com decisões certas. É o modo de conduzir o campo produtivo em lotes homogêneos, considerando o fato de que cada porção da lavoura tem propriedades desiguais (ROZA, 2000).

A AP, na conjuntura atual, conquista uma descrição mais sistemática, sendo definida como uma recente forma de gestão ou de gerenciamento do trabalho na agricultura, e não somente como um conjunto de ferramentas para a intervenção localizada na lavoura. É composto de tecnologias e métodos empregados para que as lavouras e sistemas de produção torne-se otimizados, logo o elemento-chave é o gerenciamento da variabilidade das informações de produção (SWINTON e DEBOER, 1998).

Da técnica de agricultura de precisão resulta a análise da variabilidade espacial, estando caracterizado pelas etapas de coleta de dados, gerenciamento de informação, aplicação de produtos a taxa variada e, enfim, a avaliação econômica e ambiental dos resultados. A coleta de dados expressa medir a variabilidade existente e apontar sua localização no campo, tanto na produtividade das culturas como nas causas que atuam na produção. Logo processados e plotados em mapas os dados obtidos (MOLIN, 2002). Já no início, buscando as relações que possibilitam o efeito entre a produção e os fatores, sugere-se estratégias de gerenciamento e converte-se a aplicação localizada dos insumos e das práticas, objetivando à correção das anormalidades apuradas (COELHO, 2005;).

Na agricultura de precisão, o uso do GNSS(Global Navigation Setellite System) tem se tornado o muito útil em relação a sua disponibilidade, sendo aproveitado em tarefas que necessitam posicionamento através de diferentes níveis de acurácia relacionada aos processos georreferenciados. O GNSS (Global Navigation Satellite Systems) é desenvolvido como uma técnica de localização que, hoje em dia, corresponde

a uma ferramenta com várias contribuições na agricultura e indústria, de modo que são utilizados nas aplicações de insumos em taxas variáveis e em sistemas de direção automática. (MACHADO e MOLIN, 2011).

O termo utilizado para definir esta nova agricultura, diz respeito a variabilidade do valor, estimado constantemente perante as mesmas circunstâncias experimentais, em volta do número médio constatado (dispersão dos pontos). Portanto, a expressão acurácia remete a exatidão da grandeza, isto é, a distância entre a coordenada denominada e a apontada através do receptor. Existe uma considerável diferença entre preço, precisão e acurácia em meio aos receptores GNSS. Para refinar a precisão do posicionamento existem alguns tipos de sinais de correção diferenciais (CAPPELLI et al., 2006).

2.2 Sinais de correção diferencial

A determinação a respeito da melhor tecnologia de correção para uma propriedade nunca é de fácil constatação, logo deve-se saber os princípios de funcionamento para cada tipo de sinal, desde modo a escolher o de boa aplicação e custo (SANTOS, 2013).

Para conseguir o máximo de precisão do GNSS, deve ser empregada a técnica de correção diferencial, existindo deste modo o Sistema de Posicionamento Global Diferencial (DGPS) ou GPS diferencial. O DGPS é empregado para retirar a maioria dos erros acidentais na utilização do GPS e possibilita obter o menor erro na definição do posicionamento. A operação do mesmo consiste na suposição de que o erro na determinação de um ponto é parecido para todos os receptores alocados em um perímetro de centenas de quilômetros. A exclusão desse erro possibilita que o usuário diminua consideravelmente o erro total existente (LIMA et al., 2006).

A correção diferencial poderá proceder de duas maneiras: pós-processada ou em tempo real. No caso da última, o sinal de correção é emitido em tempo real para o receptor móvel para que ocorra a própria correção no sinal coletado (LIMA et al., 2006).

O RTK (Real Time Kinematic) é feito através de uma base fixa, que corrige o posicionamento entregue pelo sinal dos satélites e transfere ao receptor móvel, sendo um e outro de dupla frequência, meio a comunicação de rádio em ondas UHF, assegurando uma acurácia estática no posicionamento, por volta de 0,02 m (HARBUCK,

2006). No entanto, apesar da alta precisão e repetibilidade, o RTK apresenta uma limitação em sua operação, em um raio de aproximadamente 20 km, devido a degradação de precisão do sinal na ordem de 1 mm km⁻¹ entre a base e o rover, no entanto, é normal a perda de sinal em distâncias menores com aparecimento de obstáculos ou regiões de terreno inclinado (Stombaugh et al., 2002).

O sinal geoestacionário tem características que podem ser boas ou ruins, dependendo do ponto de vista do usuário. A ativação do sinal é exclusiva de um receptor, não sendo permitido transferência ou multiplicação. O seu uso é independente do local, pois, sua cobertura geográfica é ampla. Entretanto, o sistema geralmente está sujeito a interferências, devido a alterações na ionosfera por exigir comunicação com base no satélite geoestacionário que transmite os dados corrigidos para o receptor GNSS (MOLIN et al, 2015).

A compreensão sobre agricultura de precisão (AP) ficou mais interessante no meio agrícola com a tecnologia de GNSS com correção diferencial em tempo real (EHSANI et al., 2002). Essa inovação proporcionou a implantação de sistemas de orientação automáticos nas propriedades rurais (GAN-MOR e CLARK, 2001).

2.3 Semeadoras pneumática e mecânica

Junto ao desenvolvimento dos níveis tecnológicos aplicados pelos agricultores mais tecnificados no Brasil, elevou-se similarmente o cuidado com a plantabilidade. Portanto, há melhor distribuição das sementes em semeaduras de milho de alta densidade, como em relação ao espaço dentre as plantas nas linhas e entrelinhas tanto em profundidade, são condições fundamentais para a elevação da produtividade (MANTOVANI et al., 2015).

American Society of Agricultural Engineers - ASAE (1996) e Coelho (1996) determinar que os elementos indispensáveis em uma semeadora-adubadora são: chassi, reservatório de adubo e semente, mecanismos dosadores de sementes e de adubos, discos cortantes de resíduos, sulcadores para adubo e sementes, instrumentos de cobertura de sementes, rodas compactadoras, rodas de restrição de profundidade de semeadura e rodas de suporte e acionamento dos mecanismos dosadores.

Na maior parte das semeadoras de precisão do Brasil, a dosagem de sementes é feita através de discos horizontais alveolados, que possui o cargo de apanhar,

individualizar, dosar e disponibilizar que as sementes sejam depositadas ao solo (SIQUEIRA, 2007). Logo que as sementes são liberadas do disco alveolado horizontal, ganha, em queda livre, uma componente perpendicular ao chão com velocidade por causa da aceleração da gravidade, e uma componente horizontal decorrente da velocidade de deslocamento da semeadora (PACHECO et al., 1996).

O uso de um sistema mais moderno de deposição de sementes, o pneumático, pode ser uma alternativa para melhorar a distribuição das sementes. Assim, a utilizando da pressão do ar no sistema pneumático tem função de separação e de retenção da semente até a abertura de saída. De acordo com o projeto de cada semeadora, existe uma corrente de ar, podendo ser gerada a pressão positiva ou negativa, que passa pelos orifícios dosadores que estão dispostos concêntricamente em um disco dosador, ocasionando a retenção de uma semente pelo orifício. Para que a semente saia do orifício e parta para sua queda, a pressão é neutralizada após a corrente ser levada até a abertura de saída de semente (BALASTREIRE, 2005).

Tourino et al. (2009), descreve em sua pesquisa, que as semeadoras-adubadoras pneumáticas podem possibilitar uma melhor distribuição das sementes, resultando em uma maior produtividade.

A destruição regular de sementes no sulco, evita a competitividade entre elas, devido a incidência solar e pelo usufruto de água e nutrientes. Comparada a distribuição realizada pela pneumático em relação a mecânica, o sistema pneumático aumentou 50% a quantidade de plantas com a distância ideal entre si, isto resultou em um incremento de 10% na produtividade de colheita (HÖRBE, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O trabalho foi conduzido na fazenda Monte Alto, em dois talhões, localizada na cidade de Maracaju, no estado de Mato Grosso do Sul, com coordenadas aproximadas de $21^{\circ}24'49''\text{S}$ e $55^{\circ}34'19''\text{O}$. Os talhões utilizados para fazer o são em áreas adjacentes representados na Figura 1.

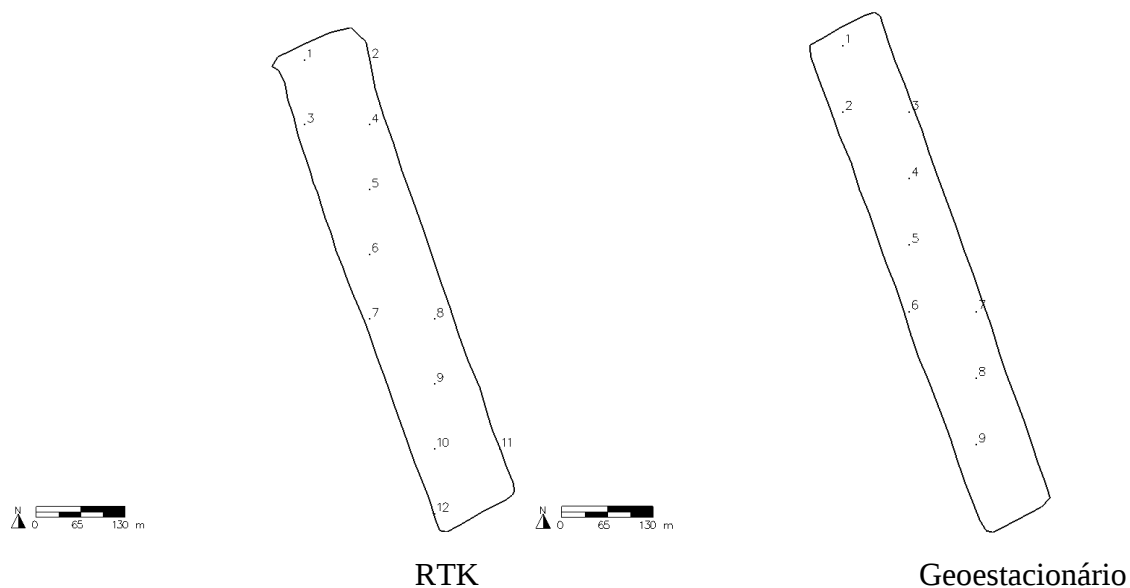


FIGURA 1. Talhão utilizado para o RTK e Geoestacionário.

As duas áreas vinham sendo conduzidas por sistema de semeadura direta na palha com sucessão das culturas de soja no verão e milho safrinha, nos últimos anos antes da implantação desse experimento, sendo considerando como áreas planas e de ótima operacionalidade mecânica.

3.2 Equipamentos utilizados

Para a avaliação dos diferentes tipos de sistema de correção diferencial para o piloto automático foram utilizados o sistema RTK e o sinal geoestacionário, ambos de uma mesma empresa.

O sistema RTK é composto por duas antenas receptoras no qual uma é fixa com suas coordenadas conhecidas e a outra fica no trator em movimentação com suas coordenadas variando conforme deslocamento do trator, enfim existe as antenas e um link

de rádio para receber e transmitir correções entre elas. O possível erro deste sistema de sinal pode chegar até 2,5 cm entre as distâncias entre passadas, logo podendo estar no mínimo de 47,5 cm e o máximo de 52,5 cm.

O sinal via satélite geoestacionário funciona com estações fixas que se comunica com o satélite geoestacionário que manda informações de correção de posicionamento para a antena do trator. Para este sinal de correção diferencial o erro considerado entre passadas pode chegar até 10 cm, sendo o mínimo de 40 cm e o máximo de 60 cm entre passadas.

Utilizou-se um trator de 200 cv (147 kW), para comparação dos sinais RTK e sinal geoestacionário sendo simplesmente feita a mudança da antena no trator. No primeiro momento, para fazer a semeadura foi utilizado a antena com um link de rádio para avaliar o sinal RTK, depois substituído pela a antena que tinha o sinal geoestacionário liberado. Na semeadura com o piloto automático foi utilizada uma semeadora de 15 linhas, com espaçamento entre linhas de 50 cm. Para ambas as antenas as antenas receptoras, possuem giroscópio, para que a declividade do terreno não se causa erros, e elas já tinha seu problema de ambiguidade corrigido.

Para a avaliação da qualidade de semeadura a semeadora-adubadora estava acoplada ao trator de 200 cv (147 kW), com 15 linhas, espaçadas em 50 cm, com o sistema mecânico para distribuição de sementes e velocidade de 5 km h⁻¹. A outra utilizada foi a semeadora-adubadora pneumática que continha 22 linhas, espaçadas em 50, que foi engatada em um trator de 335 cv (247 kW) e com velocidade de 5 km h⁻¹.

A semeadora pneumática estava com o híbrido 8780 da Agrocere com poder germinativo de 90%, logo sua recomendação era de 65000 plantas por hectare. A semeadora mecânica com o híbrido 7049 da BioGene que apresentava um poder germinativo de 95%, com uma recomendação de 65000 plantas por hectare. Para ambas as situações foi levado em consideração o poder germinativo sendo semeadas 72000 plantas por hectares para pneumática e 68000 plantas por hectares para mecânica. Sendo a pneumática regulada para semear 3,6 sementes por metro e a mecânica 3,4 sementes por metro.

Para as medições da área que cada sinal foi utilizado de smartphone com o aplicativo C7 Campeiro, assim possibilitando fazer o mapeamento da área, malha amostral e navegação para os pontos de coleta das amostras.

3.3 Avaliações

3.3.1 Distância entre passadas no piloto automático

Inicialmente, foi feito o contorno das áreas com a utilização do aplicativo C7 Campeiro na qual cada sistema de sinal iria atuar, posteriormente sendo gerada a malha amostral, representado cada ponto 0,5 hectares.

A avaliação do piloto automático foi realizada coletando-se dados de 2 sistemas: sistema RTK; sinal geoestacionário. Em cada ponto amostral foram coletadas dez amostras espaçadas de 1 m. No RTK foram 12 pontos, e no geoestacionário foram 9 pontos. Totalizando 120 dados no RTK e 90 dados no geoestacionário (Figura 1).

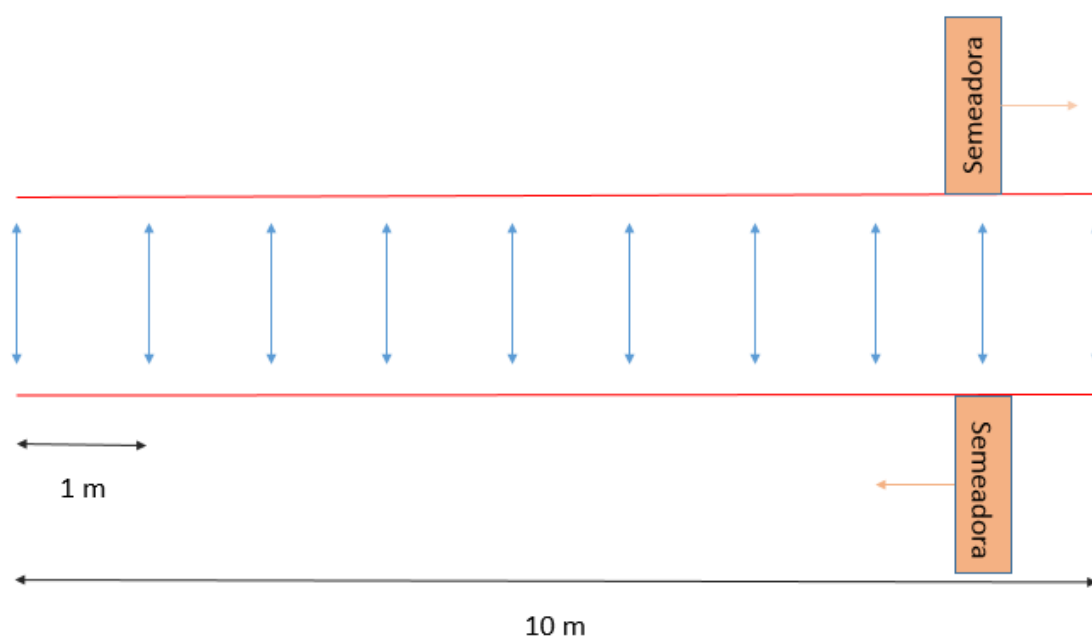


FIGURA 2. Ilustração de como foi feito as medições em cada ponto.

Os pilotos automáticos foram calibrados anteriormente, conforme manda o fabricante para cada equipamento. Assim reduzindo o erro amostral.

3.3.2 Semeadura

Como no piloto automático realizou-se o contorno da área e gerou-se a malha amostral, sendo considerado 0,5 hectares para cada amostra assumindo para a semeadura,

logo obteve-se para a semeadora-adubadora mecânica um total de 36 pontos amostrais gerado pelo aplicativo C7 Campeiro e para pneumática um total de 40 pontos amostrais, dentro de cada ponto amostral foi realizado 10 subamostra.

Nas linhas de semeadura, para cada ponto foi avaliado dez pontos, sendo contada o número de plantas dentro de um metro, então cada ponto amostral resultou da média de 10 avaliações. Para semeadora-adubadora mecânica atingiu um total de 360 avaliações e para pneumática 400.

Após 15 dias da semeadura coletou-se os dados do número de plantas por metro.

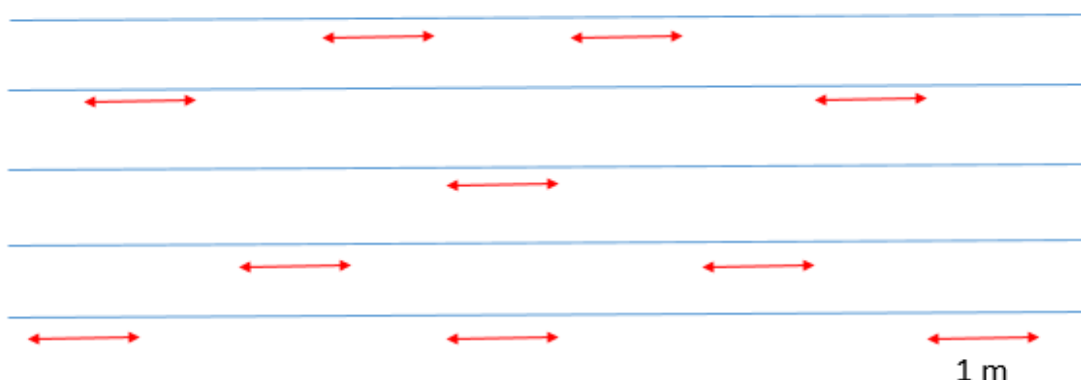


FIGURA 3. Ilustração de como foi realizado a coleta de dados para o número de sementes por metro.

3.4 Análise dos dados

3.4.1 Estatística descritiva

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

3.4.2 Geoestatística

Para verificação da dependência espacial, interpolação dos dados e construção de mapas foi empregada a análise geoestatística.

Em seguida 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, foi gerado a espacialização dos dados coletados por meio do software FalkerMap Plus.

3.4.3 Controle estatístico de qualidade

Para averiguar a estabilidade do processo foram utilizadas as cartas de controle a partir dos limites inferior (LIC) e superior de controle (LSC) (TRINDADE et al. 2000). As cartas utilizam do desvio padrão como referência para indicar a estabilidade do processo, pontos acima de três vezes o desvio padrão indicam falta de controle e qualidade do processo.

Foi acrescentado as cartas os limites específicos (LEC) de controle, considerando para a distância entre passadas para o sinal de correção diferencial RTK um limite específico inferior de 47,5 cm e para o limite específico superior de 52,5 cm. Para o sinal geoestacionário o limite específico inferior considerado é de 40 cm e o limite específico superior de 60 cm.

Para a semeadura de milho o mínimo de sementes por metro é de 2,5 e o máximo de 3,5 (FILHO e CRUZ, 2002). Logo o limite específico inferior estabelecido foi de 2,5 e o limite específico superior de 3,5 para se ter um bom controle de qualidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Piloto automático

Para a avaliação da distância entre passadas do sinal diferencial de correção com os sistemas RTK e o sinal geoestacionário, observa-se que o RTK obteve o melhor resultado em relação ao geoestacionário, devido a contém uma base fixa com suas coordenadas conhecidas que se comunica com a antena do trator por meio de rádio, já o sinal geoestacionário funciona com estações fixas que se comunica com um satélite geoestacionário que manda informações para a antena do trator. Conforme Oliveira (2009) para percursos retos, observou-se que o menor erro médio distância entre passadas foi obtido com o sistema integrado de piloto automático recebendo o sinal RTK. Segundo Tanajura et al (2011) o grau de acurácia atingindo pelo método RTK permite sua utilização em várias aplicações do uso do GNSS que demande coordenadas precisas em tempo real.

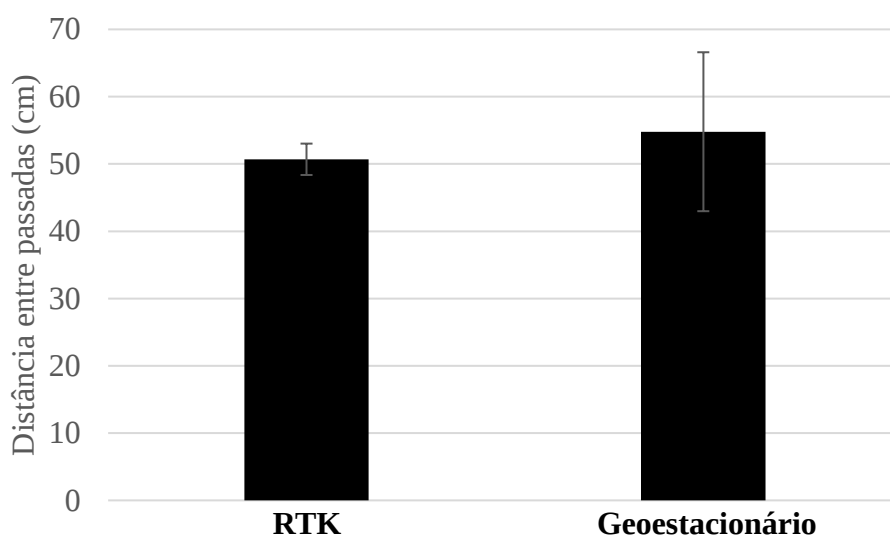


FIGURA 4. Médias e desvio padrão na avaliação das distâncias entre passadas dos sinais diferenciais.

Observa-se que a média para o RTK foi de aproximadamente 50 cm, sendo que os espaçamentos entre linhas deveriam ser de 50 cm, e para o geoestacionário a média

ficou perto de 58 cm, logo o sinal geoestacionário tendo o erro maior em sua média em relação ao RTK (Figura 4). O desvio padrão de RTK foi menor que do geoestacionário, assim comprovando que o sinal RTK estava sempre mais próximo de 50 cm.

Ao analisar os valores de máximo e mínimo o RTK (Quadro 1) obteve variação muito menor que o geoestacionário sendo que amplitude para geoestacionário foi de 45 cm e para RTK de 14 cm, logo observa-se que o sinal RTK teve o melhor desempenho, pois sua amplitude foi menor, assim sempre esteve mais próximo a 50 cm. A variância para o RTK foi muito menor que para geoestacionário, isto mostra que sua acurácia é melhor.

QUADRO 1. Estatística descritiva dos dados de distância entre passadas dos sinais diferenciais utilizados.

Parâmetros	Sinais	
	RTK	Geoestacionário
Variância (cm)	5,44	139,45
CV (%)	4,61	21,55
Mínimo (cm)	42,00	29,00
Mediana (cm)	50,00	57,50
Máximo (cm)	56,00	74,00
Amplitude (cm)	14,00	45,00
Assimetria	0,04	-0,76
Curtose	1,58	-0,33
Probabilidade	<0,01**	<0,01**

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

A variabilidade observada no Quadro 1 pode ser visualizada em detalhes pelas cartas de controle demonstradas na Figura 5. Em que se verifica que o sinal RTK apresentou menos pontos fora do limite específicos inferior e superior de controle. Já o sinal geoestacionário apresentou mais pontos fora do limite específico inferior e superior de controle, sendo que a amplitude de seu limite específico de controle é maior.

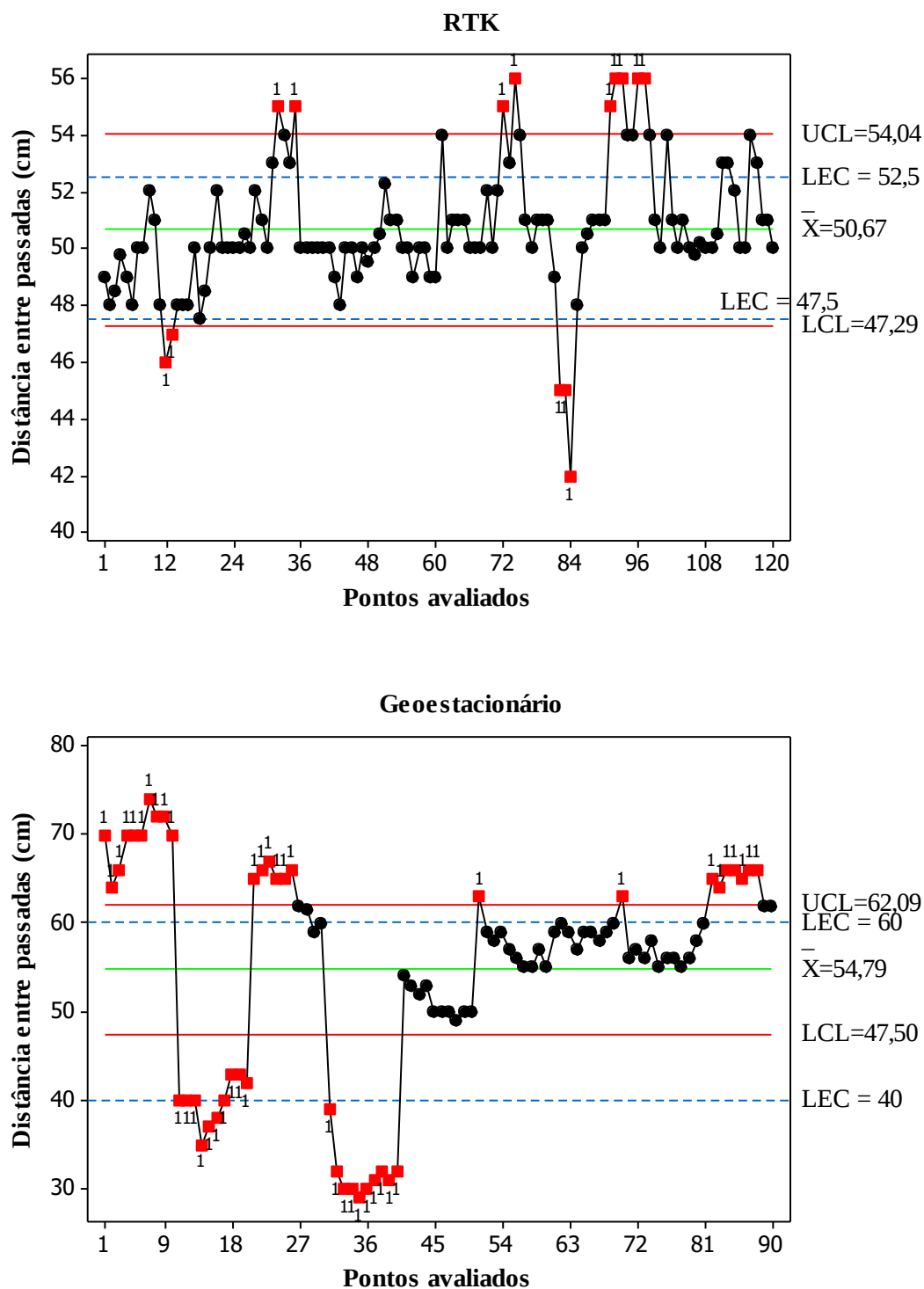


FIGURA 5. Cartas de controle na avaliação das distâncias entre passadas dos sinais diferenciais utilizados no piloto automático. UCL: limite superior de controle; X: média; LCL: limite inferior de controle; LEC: limite específico de controle.

O Quadro 2 apresenta os dados ajustados do semivariograma, em que o RTK apresentou o menor patamar e seu alcance maior em relação ao sinal geoestacionários, logo ajustados ao modelo esférico. Assim apresentado maior relação entre pontos distantes um dos outros no sinal RTK e menor relação para entre os pontos para do geoestacionários, devido a maior precisão no sinal RTK.

QUADRO 2. Dados ajustados do semivariograma para a média da distância entre passadas dos sinais diferenciais utilizados.

	Sinais	
	S1	S2
		Média
Model	Esférico	Esférico
Co	0,0	0,0
Co+C	2,29	160,12
A (m)	481	404,36

Com a espacialização dos dados de distância entre passadas verificou-se que o sinal RTK teve 43,60% dos pontos coletado das amostradas ficou entre 50 e 51 cm e 18% entre 49 e 50 cm assim somadas representam 61,6%, então isto mostra que mais da metade dos pontos coletados obtiveram ao máximo 1 cm de erro tanto para cima ao para baixo (Figura 6). De acordo com Passalacqua et al. (2016) em percurso em linha reta, os erros encontrados ao longo do trajeto estão no conjunto trator-máquina. Para o sinal geoestacionários apresentou 70,51% da área com valores acima de 52 cm e 23,5% abaixo de 48 cm, assim demonstrando que 94,01% esteve com mais de 2 cm tanto para mais ou para menos. Ou seja, seu erro era na maior parte do tempo mais de 3 cm (Figura 6).

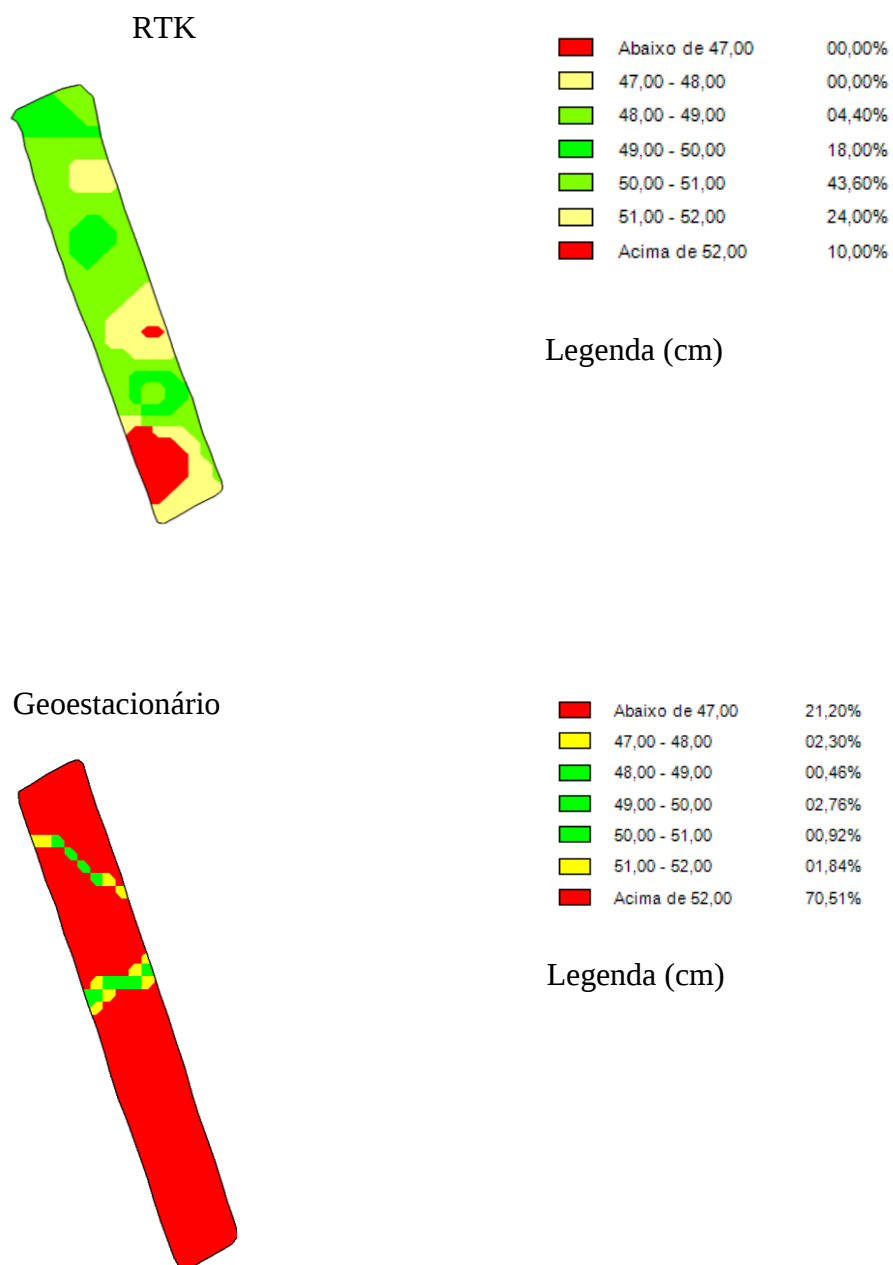


FIGURA 6. Espacialização da média entre distância de passadas para os sinais RTK e geoestacionário.

Avaliando o RTK em relação ao geoestacionário, como demonstrado na Figura 6, o sinal RTK mostrou-se com maior precisão. No trabalho elaborado por Baio (2012), mostra, empregando o sistema de correção RTK com atuador hidráulico, os erros médios encontrados variam entre 2 a 5 cm, para a colheita de cana.

4.2 Semeadura

As semeadoras obtiveram a média esperada para suas devidas regulagens, apesar da semeadora mecânica apresentar um desvio padrão maior em relação a pneumática (Figura 7), ficando próximo de 3,5 sementes por metro.

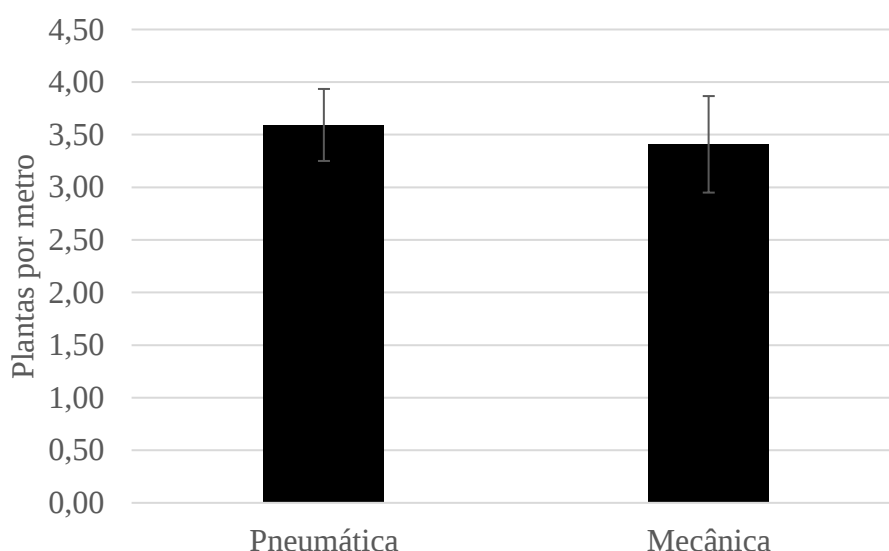


FIGURA 7. Médias e desvio padrão para o estande de plantas na semeadora-adubadora pneumática e mecânica

Verifica-se que a variância e o coeficiente de variação foram menores para a semeadora-adubadora pneumática (Quadro 3). A classificação para o CV pode-se dar da seguinte forma: baixo, quando menor que 10%; médio, dentro de 10 e 20%; alto, quando entre 20 e 30%; e muito alto, quando são maiores que 30% (PIMENTEL-GOMES, 1985). Quanto maior o CV menor a precisão experimental, logo, a classificação do CV é inversamente proporcional à classificação da precisão do experimento. Assim, CV baixo representa alta precisão, CV médio, média precisão, CV alto, baixa precisão e CV muito alto, muito baixa precisão (PIMENTEL-GOMES, 1985). Então a semeadora-adubadora pneumática obteve alta precisão e a mecânica média precisão. Observa-se também a amplitude da semeadora-adubadora mecânica que foi menor que a da pneumática. Mostrando a melhor regularidade de distribuição da pneumática em relação a mecânica.

QUADRO 3. Estatística descritiva para o estande de planta na semeadora-adubadora mecânica e pneumática.

Parâmetros	Semeadoras-adubadoras	
	Pneumática	Mecânica
Variância	0,12	0,21
CV	9,53	13,46
Mínimo	2,60	2,30
Mediana	3,60	3,40
Máximo	4,50	4,10
Amplitude	1,90	1,80
Assimetria	-0,42	-0,46
Curtose	2,64	-0,05
Probabilidade	>0,10*	0,012**

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

Nas cartas de controle (Figura 8) foi utilizado o limite específico de controle, no caso da semeadura é o limite específico inferior de 2,5 e o superior de 3,5. A semeadora-adubadora pneumática obteve uma média aproximada de 3,6 sementes por metro ficando acima de do limite específico, devido a ser levado em consideração na regulagem da semeadora-adubadora o poder germinativo. A pneumático não apresentou nenhum local com 7 sementes em um metro e apresentou 4 locais com nenhuma semente em 1 metro.

A semeadora-adubadora mecânica esteve com sua média dentro dos limites específicos máximos e mínimos. Sua média de aproximadamente 3,4 sementes por metro, é importante visualizar nas cartas de controle (Figura 8) que apresentou um local onde havia 7 sementes em um metro e 10 locais onde não havia nenhuma semente em um metro.

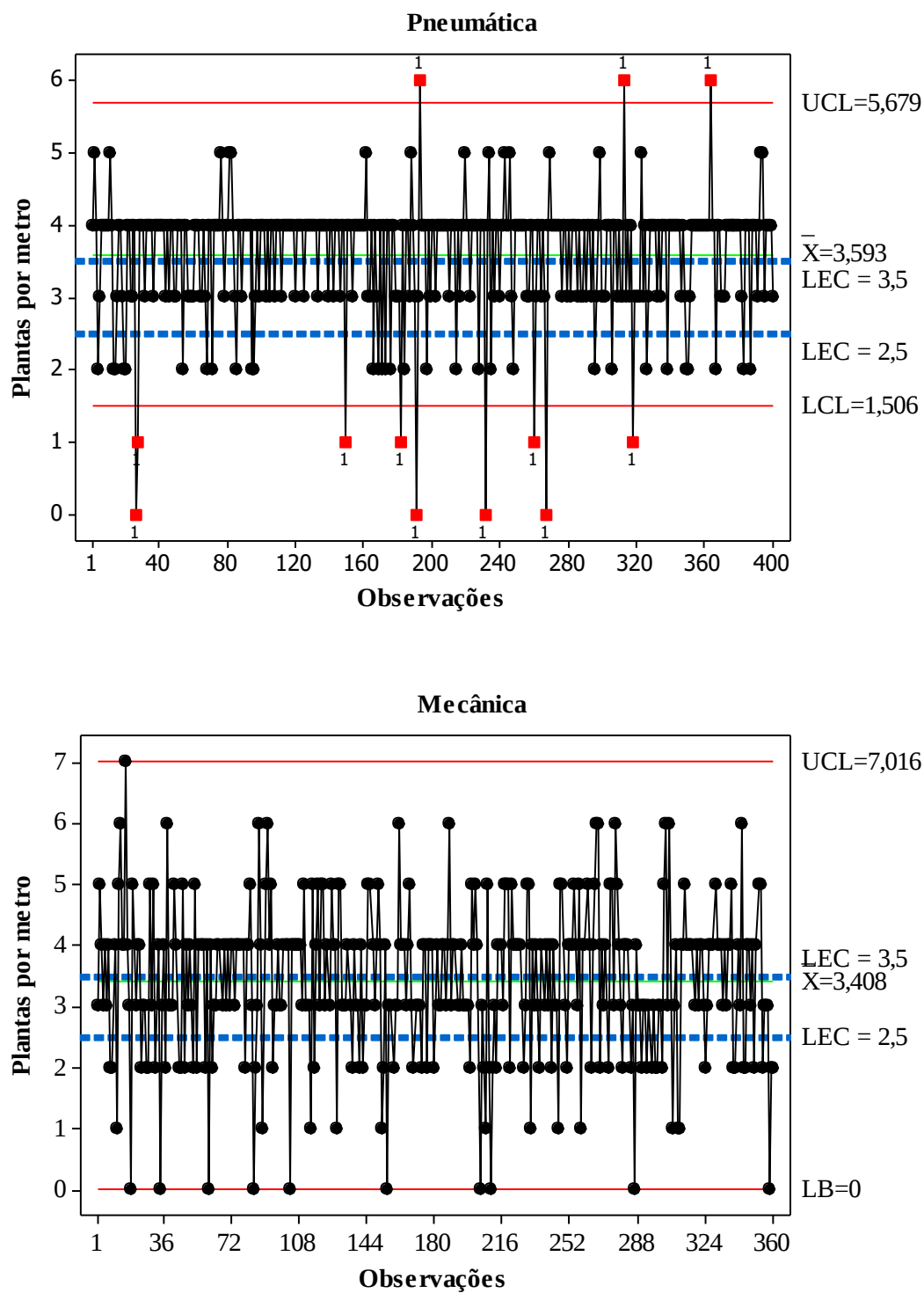


FIGURA 8. Cartas de controle na avaliação estande de plantas na semeadora pneumática e mecânica. UCL: limite superior de controle; $\bar{X}$: média; LCL: limite inferior de controle; LEC: Limite específico de controle.

5 CONCLUSÃO

O sinal de correção diferencial RTK, demonstra-se mais eficaz em controlar a distância entre passadas da semeadora-adubadora do que o sinal geoestacionário, apesar dos erros estarem dentro do padrão estabelecido pelo fabricante.

A semeadora pneumática mostrou-se com menor variância em relação à mecânica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural machinery management data. In: _____. **ASAE standards 1996: standards engineering practices data**. San Joseph, 1996A. p. 332-339. (ASAE D497. 2MAR94).

BAIO F. H. R.; MORATELLI R. F. Avaliação da acurácia no direcionamento com o piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional no plantio mecanizado da cana-de-açúcar. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p. 365-375, 2011.

BAIO, F.H.R. Evaluation of an auto-guidance system operating on a sugar cane harvester. **Precision Agriculture**, v.13, n.1, p.141-147, 2012.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 2005.

BALDO R. F. G.; MAGALHÕES P. S. G. Sistema de controle de velocidade sincronizada entre dois veículos agrícolas. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.2, p. 298-304, 2012.

CAPPELLLI, N. L.; et al.; Desempenho comparativo entre receptores GPS. **Revista Brasileira de Agroinformática**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 63-77, 2006.

COELHO, A. M. **Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/18887/1/Doc_46.pdf> Acesso em: 24 outubro. 2017.

COELHO, J. L. D. Ensaio e certificação das máquinas para a semeadura. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiróz, 1996. p. 551-570.

EHSANI M. R.; SULLIVAN M.; WALKER J. T. A method of evaluating different guidance systems. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2002, Chicago, **Proceedings...** Chicago: ASAE, 2002. P.1-9.

GAN-MOR S.; CLARK R. L. DGPS-based automatic guidance-implementation and economical analysis. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2001, Sacramento, **Proceedings...** Sacramento: ASAE, 2001. P.1-13.

GARCIA L. C.; MEER R. W. V. D.; SOUZA N. M.; JUSTINO A.; NETO P. H. W. Manobras de semeadura com sistema de navegação. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.36, n.2, p. 361-366, 2016.

HARBUCK T. L.; FULTON J. P.; MCDOLNAD T. P.; BRODBECK C. J. **Evaluation of GPS autoguidance systems over varying time periods**. 2006. ASABE, St. Joseph, 2006. Disponível em: <<http://www.asabe.org>> Acesso em: 03 de novembro de 2017. (Meeting Paper, 061042)

HÖRBE, T. A. N. Distribuição espacial de plantas na fileira e sua relação com a produtividade da cultura do milho. 2015. 66f. Tese Doutorado (Pós-Graduação em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

KOCHER, M.F.; LAN, Y.; CHEN, C.; SMITH, J.A. Optoelectronic sensor system for rapid evaluation of planter seed spacing uniformity. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v.41, n.1, p.237-245, 1998.

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

LIMA T. C. B.; UMEZU. C. K.; CAPPELLI N. L. NUNES E. F. Equipamento microprocessado para geração de sinal de correção diferencial, em tempo real, para GPS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.537-545, 2006.

MACHADO, T. M.; MOLIN, J. P. Ensaios estáticos e cinemáticos de receptores de GPS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 9, p. 981–988, 2011.

MANTOVANI E. C.; CRUZ J. C.; OLIVEIRA A. C. Avaliação em campo de uma semeadora-adubadora para semeadura de milho de alta densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.14, n.1, p. 38-48, 2015.

MATTAR, D. M. P. **Influência do deslizamento da roda motora de uma semeadora/adubadora de plantio direto no espaçamento longitudinal de sementes de milho**. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2010.

MOLIN, J. P. Desafios da agricultura brasileira a partir da agricultura de precisão. In: SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 3., 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafós, 2002.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão em cana-de-açúcar é mais do que uma realidade**. ESALQ, USP. Revista Coplana. Janeiro de 2008.

MOLIN, J. P.; MOTOMIYA, A. V. A.; FEASSON, F. R., FAULIN, G. G.; TOSTA, W. Test procedure for variable rate fertilizer on coffee. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 569-575, 2010.

MOLIN, J. P., AMARAL, L. R., COLACO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015 p.238.

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

PASSALAUQUA B. P.; MALDANER L. F.; CANATA T.; MOLIN J. P. Avaliação da precisão dos sinais RTK e RTK em rede em ensaios estático e cinemático. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 10, 2015, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: UEPG, 2015. 10p.

PASSALAQUA B. P.; SALVI J. V.; MOLIN J. P.; SATO M. S.; MANARIN E. Avaliação dos erros de paralelismo de conjuntos mecanizados utilizando sistema de correção via satélite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2016, Goiana. **Anais...** Goiânia: MAPA, 2016.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985. 467p.

OLIVEIRA, M. L.; VIEIRA, L. B.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, C. M.; DIAS, G. P. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1455-1463, 2000.

OLIVEIRA, T. C. A. **Estudo sobre desempenho de sistemas de piloto automático em tratores**. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba, 2009.

ROZA, D. Novidade no campo: Geotecnologias renovam a agricultura. **Revista InfoGEO**, n 11, 2000. Disponível na Internet. <http://www.infogeo.com.br/Revista/materia_11.>. Acesso em: 25 Outubro de 2017

SANTOS D. J. **Rtx ou rtk, qual sinal para melhor correção?**. Disponível em: <<https://agpconsultoria.wordpress.com/2013/07/21/rtx-e-o-rtk-qual-sinal-para-melhor-correcao/>>. 2013. Acesso: 03 de novembro de 2017.

SHOCKLEY, J.M.; DILLON, C.R. Cost savings for multiple inputs with swath control and auto guidance technologies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 9., 2008, Denver. **Proceedings...** Denver: Colorado State University, 2008. 1 CDROM.

SICHONANY, O.R.A.O.; SCHLOSSER, J.F.; MEDINA, R.D.; ROGGIA, I.B.; LÔBO, J.S.; SANTO F.B. Sistema computacional de gerenciamento para acompanhamento de desempenho de máquinas agrícolas instrumentadas com sensores. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.10, p.1773- 1776, 2011.

SIQUEIRA R. Milho: semeadoras -adubadoras para sistema plantio direto com qualidade. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 9., 2007, Dourados. **Anais...** Dourados: 2007.

STOMBAUGH, T.; SHEARER, S.; FULTON, J. Standards for comparison of GPS receiver performance. In: Conference on Precision Agriculture, 3, 2002, Madison. Abstract... St. Joseph: ASA/CSSA/SSSA. p. 1049-1059. 2002.

SWINTON, S.M.; LOWENBERG-DEBOER, J. Evaluating the profitability of site-specific farming. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 11, n. 4, p. 439-446, 1998.

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.

TANAJURA, E. L. X.; KRUEGER, P.; GONÇALVES, R. M. Análise da acurácia dos métodos cinemáticos de posicionamento GPS em aplicações costeiras. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 23-26, 2011.

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