
UTILIZAÇÃO DO PILOTO AUTOMÁTICO NO PLANTIO MECANIZADO DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp*), ALTO TAQUARI-MT.

ALMEIDA JÚNIOR, Júlio Joaquim¹
PEROZINI, Alexandre Caetano²
THOMAS, Paula Cileia³

Recebido em: 2014.10.11

Aprovado em: 2015.13.10

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1371

RESUMO: Na busca de objetivos e métodos sustentáveis de produção, surgiram novas práticas agrícolas. Entre as tecnologias que surgiram, estão os conceitos da agricultura de precisão e dentro deste conceito a existência do piloto automático, uma ferramenta que controla o trator por meio de uma correção DGPS em infinitas linhas paralelas a partir dos pontos A e B informados pelo operador. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o piloto automático no plantio mecanizado da cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido na Fazenda Granada, no município de Alto Taquari – MT, região sudeste do Estado do Mato Grosso. O trabalho foi realizado com seis tratores acoplados com uma plantadora de cana picada e equipados com piloto automático. Para avaliar o Piloto automático, foi medido o paralelismo entre as linhas de plantio, sendo feito um levantamento com vinte amostras em locais diferentes. O sistema de piloto automático mostrou ser bastante eficiente no que diz respeito ao paralelismo no plantio de cana-de-açúcar. Quando comparado ao sistema convencional, o piloto automático foi estatisticamente diferente apresentando-se mais eficiente e constante do que o sistema convencional no plantio de cana-de-açúcar.

Palavras-Chave: Mecanização. Automação agrícola. GPS.

THE USE OF AUTO PILOT IN SUGAR CANE (*Saccharum spp*) MECHANIZED PLANTING, ALTO TAQUARI-MT.

SUMMARY: Searching for sustainable objectives and methods of production, new agricultural practices has emerged. Amongst the emerged technologies are the concepts of precision agriculture and within them can be found the autopilot, a tool that controls the tractor using DGPS correction in infinite parallel lines from point A to B informed by the tractor operator. The aim of this research is to evaluate the autopilot in mechanized sugar cane planting. The experiment was performed at Granada Farm, Alto Taquari County, southeast region of Mato Grosso State. The trial was carried out with six tractors equipped with autopilots and coupled with a chopped sugar cane planting machine. To evaluate the autopilot, parallelism between lines were measured, using 20 (twenty) samples in different sites. The autopilot system showed to be efficient enough in related to parallelism in sugar cane planting. When compared to the conventional system the autopilot was statistically different, showing higher efficiency and constancy than the conventional system of sugar cane planting.

Keywords: Mechanization. Agricultural automation. GPS.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é a segunda maior fonte de energia renovável do Brasil, com 12,6% de participação na matriz energética atual, considerando-se o álcool combustível e a co-geração de

¹Engenheiro-Agrônomo, Doutorando em Sistema de Produção, Sub área: Maquinas e Mecanização Agrícola, Universidade do Estado de São Paulo - UNESP, Campus de Ilha Solteira, São Paulo. Rua R004 Quadra 7, Lote 11, Conjunto Residencial Vila Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil - joaquimjuliojr@gmail.com

²IFMT Campus São Vicente. BR 364 Km 329. São Vicente da Serra. Santo Antônio do Leverger-MT. CEP: 78.106-970. Fone: (65) 3341-2100 - Alexandre.perozini@svc.ifmt.edu.br

³Graduada no Curso de Licenciatura Plena Habilitação em Biologia, Mestranda em Produção Vegetal, Universidade de Rio Verde – UnRV, Rua Agenor Diamantino, 464, Parque Bandeirantes, 75905-670, Rio Verde, Goiás, Brasil - paulacileia@hotmail.com

eletricidade, a partir do bagaço (BRASIL, 2006). Embora plantada em vários estados brasileiros, aproximadamente 85% da produção nacional de cana concentram-se nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste; os 15% restantes são produzidos no Norte e no Nordeste (BRASIL, 2006). São Paulo é o maior produtor nacional, com cerca de 59,46% da produção, seguido por Minas Gerais com 8,45% (IBGE, 2010).

Com tal relevância na economia do país e sabendo que o mercado funciona segundo a lei da oferta e da procura, é de extrema importância o uso de um sistema eficiente na produção de cana-de-açúcar que tenha como finalidade aperfeiçoar as atividades agrícolas, tornando-se mais competitivo no mercado.

Com adoção de técnicas da agricultura de precisão aplicadas para a diminuição do custo de produção de etanol e pelo menor uso de insumos agrícolas, contribuindo para melhorar o balanço energético na produção de etanol a partir da cana-de-açúcar. O uso de sistemas de orientação por satélites pode auxiliar na otimização do parque de máquinas pela redução de conjuntos mecanizados para uma determinada operação. De acordo com (STABILEI; BALASTREIRE, 2006).

Ocorreu, nas últimas décadas, grande evolução na agricultura brasileira conseguindo-se dobrar, praticamente, a produção e a produtividade de algumas das principais culturas sem, no entanto, aumentar o tamanho das áreas de produção na mesma proporção; todavia, existe a necessidade de aumentar a produção de forma sustentável, sobretudo em relação à preservação do meio ambiente (MOLIN, 2008). Na busca desses objetivos surgiram, então, as ferramentas de agricultura de precisão, que se inserem, nesse contexto, como ferramenta de gerenciamento, possibilitando que se acompanhem, minuciosamente, as culturas, conhecendo-as e descobrindo detalhes das lavouras a cada ciclo de produção visando não apenas aumentar a produtividade, mas também, manter a quantidade de insumos ou mesmo a produtividade, reduzindo a quantidade de insumos aplicados em determinada área (BLACKMORE, 1994).

Entre as tecnologias que permitem o monitoramento da variabilidade espacial das culturas, visando o aumento da produção agrícola. Além disso, existem tecnologias visando o aumento da eficiência na produção, mapeamento da cultura, alinhamento de plantio, diminuição do pisoteio, maior rendimento operacional com colhedora com uma e duas linhas, entre outros (MOLIN, 2008). Molin afirma que um bom exemplo disso é o piloto automático, uma ferramenta que controla a máquina por meio de uma correção DGPS. Em termos práticos o piloto automático aumenta a uniformidade entre os sulcos de plantio, redução no consumo de óleo diesel e aumento da capacidade operacional (MOLIN, 2008). A constante busca pela eficiência e alta precisão na produção, associada à necessidade de uma repetibilidade ano após ano. Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo uma análise comparativa entre o plantio mecanizado convencional da cana-de-açúcar com o plantio mecanizado usando o piloto automático.

MATERIAL E MÉTODO

O Experimento foi conduzido na Fazenda Granada. Localizada na rodovia MT-100, km 43, no município de Alto Taquari – MT, região sudeste do Estado de Mato Grosso, à 813,39 metros de altitude, 255855,39 metros de longitude e 8037790,19 metros de latitude.

Aspectos Climáticos da Região

O clima da região, segundo a classificação de KÖPPEN (a qual não leva em consideração a dinâmica das massas de ar, baseando-se fundamentalmente na temperatura, na precipitação e na

distribuição de valores de temperatura e precipitação durante as estações do ano.), é o tipo Aw, tropical úmido, caracterizado por duas estações bem definidas: uma seca, que corresponde ao outono e inverno, indo do mês de maio ao mês de setembro e a outra úmida, com chuvas torrenciais, correspondendo ao período de primavera e verão, compreendendo os meses de outubro a abril. A precipitação média anual variando de 1.200 a 1.500mm, com média anual em torno de 1.300mm e temperaturas médias em torno de 20° a 25°C.

A temperatura tem importância também como indutora do crescimento das plantas, tendo sido determinada a exigência em unidades de calor para cada fase de crescimento da cana. Assim, é necessário um determinado acúmulo térmico, representado pelo somatório da diferença entre as temperaturas médias e as temperaturas mínimas basais diárias, para que a cana expresse todo seu potencial de crescimento a cada fase de seu desenvolvimento. Essas necessidades térmicas, denominadas de Unidades de Calor (UC) ou Graus Dia (GD) é característica de cada variedade, influenciando fortemente a época de cultivo, em função da latitude e altitude de cada localidade (EMBRAPA, 2008).

Solo

Na região da Fazenda Granada, os trabalhos foram realizados numa região onde o solo é composto por Latossolos vermelhos, vermelhos amarelados, proveniente de alteração do Arenito do Grupo Bauru. Quando corrigido a sua acidez (diminuindo o Ph do solo com calagens e gessagem), são férteis. Estes solos são localmente utilizados para pastagens ou grandes lavouras de soja, milho, algodão, entre outros (EMBRAPA, 2008).

Embora seja uma cultura de larga adaptação às condições edáficas, a cana-de-açúcar pode ser cultivada em diversos tipos de solo, inclusive àqueles menos férteis. Para tal, são necessárias as devidas correções e manejo adequado do solo para atender às necessidades básicas ao pleno desenvolvimento das plantas (EMBRAPA, 2008).

MÉTODO DE AVALIAÇÃO

O trabalho foi realizado com seis tratores da marca Valtra, modelo BH-185i, equipados com Piloto Automático. Estes tratores arrastaram plantadoras da marca Civemasa, modelo PACC 2L. Outros dez tratores da mesma marca e modelo, acoplados com plantadoras Civemasa do mesmo modelo, não possuíam o piloto automático instalado. Este conjunto por sua vez foi usado para avaliar o plantio mecanizado sem o piloto automático.

O piloto automático utilizado foi o AgGPS Autopilot da Trimble, composto por um FieldManager display (monitor), Autosense Steering Sensor (sensor de direção), Vehicle interface (válvula hidráulica), NacController II (caixa controladora), GS receiver (sensor GPS), e a GNSS GLONASS receiver (antena e GPS da base RTK).

O plantio mecanizado sem o uso do piloto automático e com uso de piloto automático foi realizado na Fazenda Granada. As avaliações foram realizadas com a cana emergida, por volta de trinta a sessenta dias após a emergência (DAE).

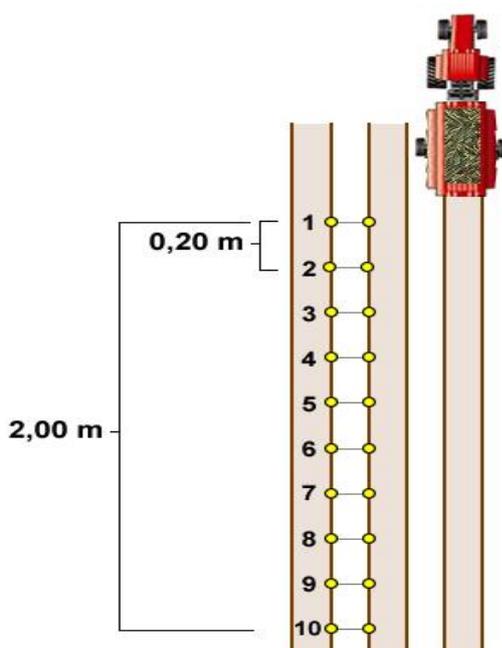
Figura 1 – Avaliação das entrelinhas no plantio com piloto automático na Fazenda Granada no município de Alto Taquari – MT; 2010.



Fonte: Dados do experimento.

Para avaliar o Piloto Automático, foi medido o paralelismo entre as linhas de plantio, sendo feito um levantamento com vinte amostras. Cada amostra compreendia um espaço linear de 2m, sendo composta por dez pontos, que eram obtidos num intervalo de 0,20 m dentro do espaço de 2m da amostra. A média desses dez pontos compunha uma amostra (Figura 1). Considerando que cada amostra era composta por mais 10 sub-amostra, totalizou-se 200 sub-amostras, com piloto automático e sem piloto automático.

Figura 2 – Metodologia de amostragens do plantio com piloto automático na Fazenda Granada no município de Alto Taquari – MT; 2010.



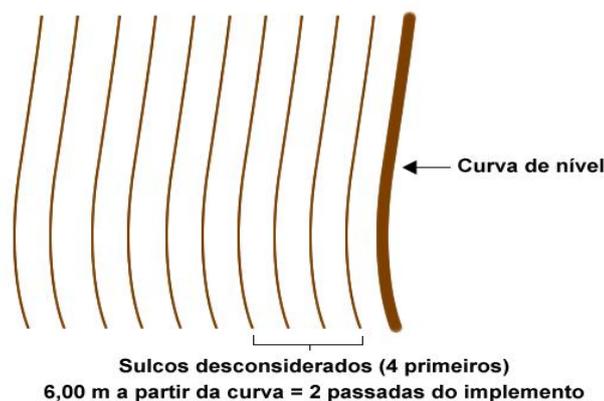
Fonte: Dados do experimento.

Uma observação importante a se fazer é que, sempre se tinha o cuidado de não coletar os pontos de amostra entres os dois sulcos que a plantadeira leva por cada passada (Figura 2), pois a largura do implemento é fixa e certamente o espaçamento, entre estas duas linhas seria constantemente 1,50 m.

Outro importante fator levado em consideração na hora do levantamento das amostras é que os quatro primeiros sulcos de plantio após a curva de nível eram desconsiderados (Figura 3), ou seja, são as linhas correspondentes as duas primeiras passadas do conjunto. Pois a primeira passada correspondia à marcação dos pontos A e B, momento em que o sistema está no modo manual e a segunda era ignorada

por motivos de uma maior exatidão e confiabilidade nos dados. Logo, em termos mais práticos, as amostras só começavam a ser levantadas a seis metros a partir da curva de nível (Figura 3).

Figura 3 – Sulcos desconsiderados no plantio com piloto automático na Fazenda Granada no município de Alto Taquari – MT; 2010.



Fonte: Dados do experimento.

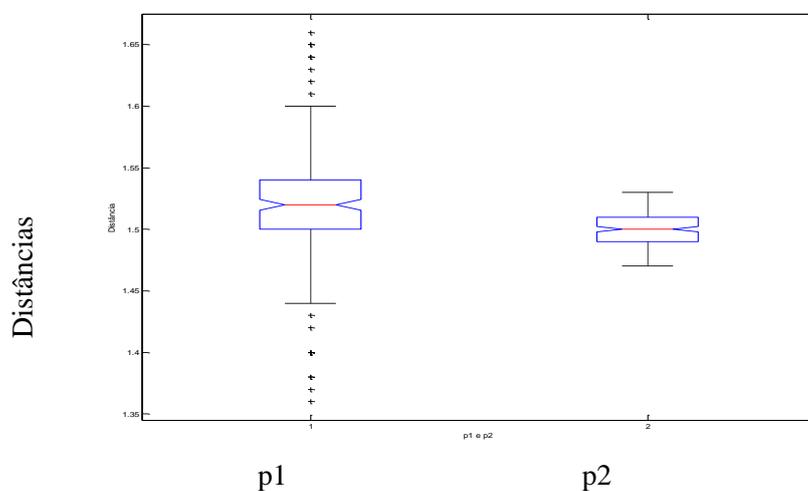
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados obtidos foram criados dois *boxplots* com o auxílio do programa *BioEstat 4.0* (AYRES *et al.* 2005). Um contendo as amostras agrupadas (Figura 4) e outro contendo as amostras separadas (Figura 5).

Trata-se de gráfico muito utilizado nas áreas de ciências biológicas e médicas (AYRES *et al.* 2005), mostrando, no *box*, a mediana (linhas vermelhas), o primeiro e o segundo quartis (caixas azuis). Exibe, ainda, o menor e o maior escore através do limite inferior e superior de linhas retas verticais (linhas pretas), que se originam do primeiro e segundo quartis, respectivamente.

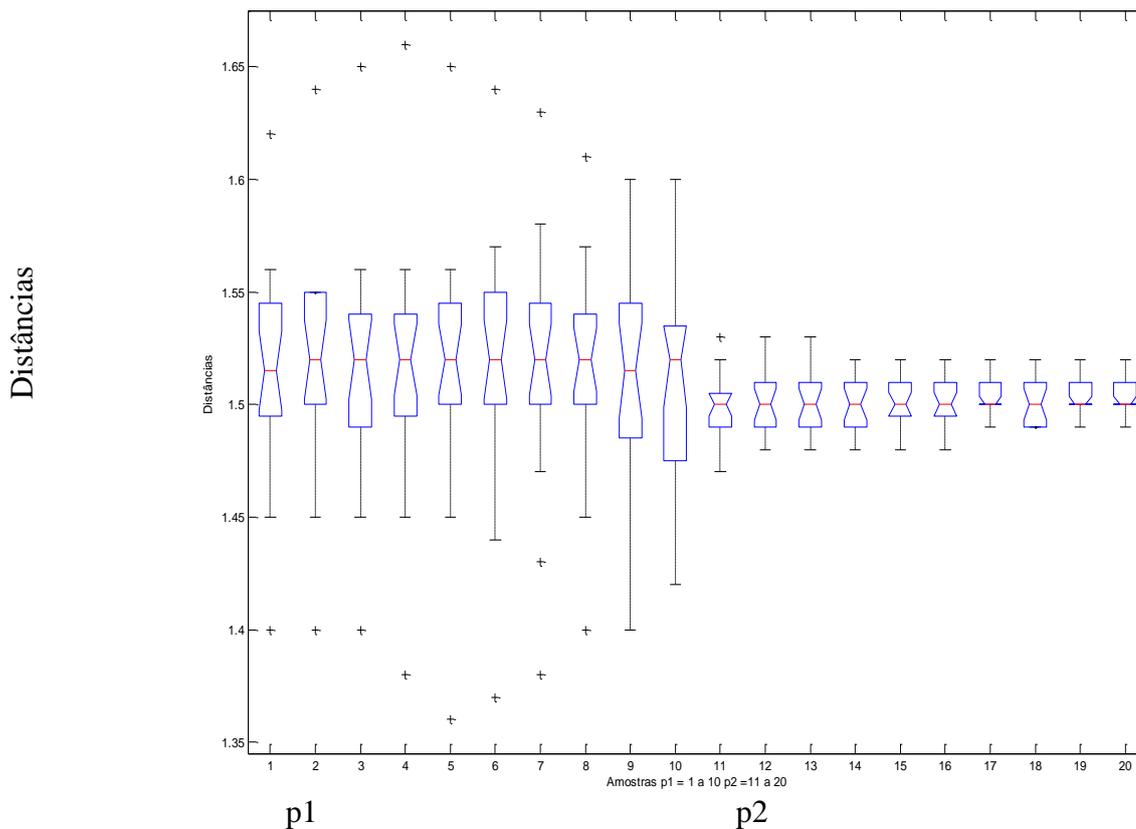
Para a realização do *boxplot* as amostras levantadas no plantio realizado sem piloto automático foram denominadas de “p1”, e as amostras provenientes do piloto automático foram denominadas de “p2”

Figura 4 - *Boxplot 1*: Amostras agrupadas (p1 e p2), da Fazenda Granada no município de Alto Taquari – MT; 2010.



Fonte: Dados do experimento.

Figura 5 - Boxplot 2: Amostras separadas (p1=1 a 10; p2= 11 a 20), da Fazenda Granada no município de Alto Taquari – MT; 2010.



Fonte: Dados do experimento.

Estes boxplots estão indicando que na mediana os dados da amostra p2 têm menor variação e mediana menor que os dados da amostra p1, que apresenta maior variabilidade e maior distância entre as linhas.

Interpretando o gráfico, pode-se afirmar que o plantio mecanizado com piloto automático (p2), apresenta menor distância e menor variabilidade. As cruzeiros no *boxplot* indicam os *outliers*, e podemos verificar que não há *outliers* na amostra p2. No *boxplot*, 95% dos dados ficam na caixa azul e 99% entre as linhas pretas. Desta forma, afirma-se que 99% das amostras p1 variam no espaçamento entre sulcos de 1,39 a 1,63m. Enquanto que a amostra p2 varia entre 1,47 e 1,52m, em 99% das amostras. De acordo com um fabricante de sistema de piloto automático (JOHN DEERE, 2014), a acurácia deste sistema trabalhando com a correção RTK é de 0,0025 m, em 95% do tempo. Entretanto, essa acurácia é mensurada em condições estáticas.

Aplicação do teste do Kolmogorov-Smirnov

Um dos testes mais frequentes em bioestatística consiste na avaliação da diferença entre duas amostras independentes, ou seja, naqueles casos em que os dados de uma das amostras não estão relacionados com os escores da outra. Na condução de experimentos dessa ordem, procura-se verificar se a diferença observada é de tal magnitude que permita concluir que as amostras foram retiradas de populações distintas (AYRES *et al.* 2005).

Foi utilizado o Teste Kolmogorov-Smirnov prova não-paramétrica para duas amostras

independentes e várias modalidades, com dados mensurados a nível nominal, ordinal ou intervalar e retiradas da mesma população ou com a mesma distribuição cumulativa (CAMBARDELLA; KARLEN, 1999).

O teste Kolmogorov-Smirnov indicou que a probabilidade das duas amostras serem iguais é de $8,8564 \times 10^{-16}$, ou seja, muito próxima a zero.

O teste revela que a diferença entre as duas amostras é significativa, rejeitando-se a hipótese de nulidade e aceitando-se a alternativa. O plantio mecanizado com piloto automático varia menos nas entrelinhas do que o plantio mecanizado convencional, isto e sem piloto automático.

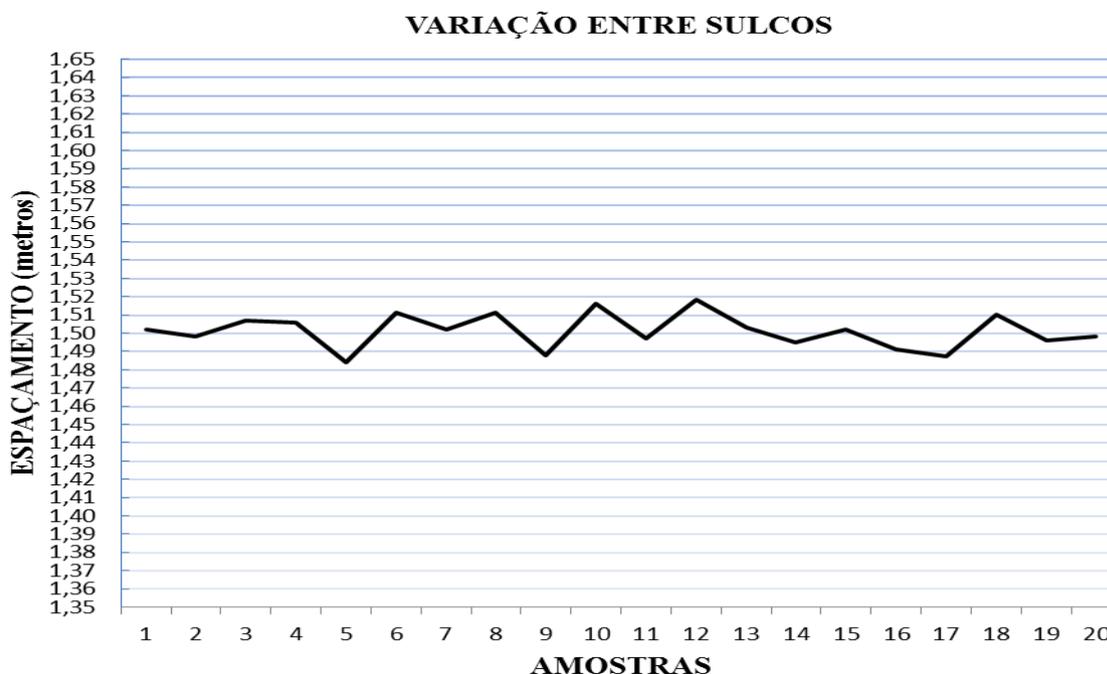
Plantio Mecanizado Com Piloto Automático

Abaixo (Figura 6) estão listadas todas as medias dos pontos de amostra, coletadas na área onde foi realizado o plantio com uso do piloto automático onde as medias varia entre 1,47m sendo a menor media obtida no ponto 10 e 1,52m a maior media obtida no ponto 19 para 99% das amostras coletadas, demonstrada por um gráfico representativo a seguir. A orientação das passadas é um relato importante e deve ser reportado, pois também afeta a acurácia do sistema, como mostra Stombaugh et al. (2008).

Através destes dados podemos afirmar que o plantio mecanizado com uso do piloto automático nos proporciona uma menor variação entre linhas plantadas, propiciando uma colheita mecanizada com maior rendimento operacional e menores perdas na produtividade.

Shockley; Dillon (2008) relatam que o piloto automático reduz sobreposições e falhas na aplicação, pode elevar a velocidade operacional, possibilita maior acurácia na aplicação de insumos e eleva o tempo disponível para a operação. Batte; Ehsani (2006) mostram que a redução dos custos operacionais pela utilização desta tecnologia pode ser substancial.

Figura 6 – Variação entre sulcos no plantio mecanizado com uso do piloto automático da Fazenda Granada no município de Alto Taquari – MT; 2010.



Fonte: Dados do experimento.

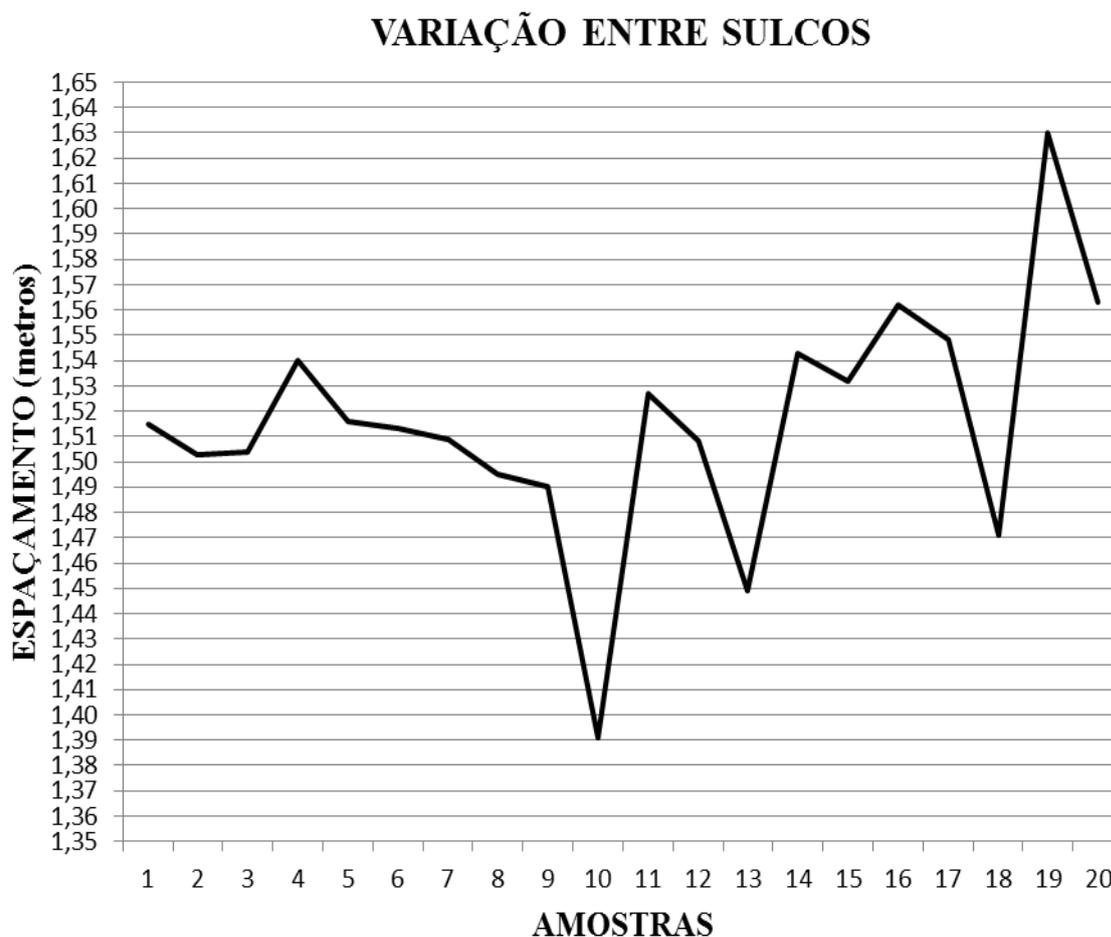
Plantio Mecanizado Sem Piloto Automático

Podemos visualizar todas as medias dos pontos de amostra (Figura 7), coletadas na área onde foi realizado o plantio sem piloto automático onde as medias varia entre 1,39m sendo a menor media obtida no ponto 10 e 1,63m a maior media obtida no ponto 19 para 99% das amostras coletadas, demonstrada por um gráfico representativo a seguir.

Assim podemos afirma que o plantio mecanizado sem o uso do piloto automático proporciona uma maior variação entre linhas, podendo causar perda da cana-de-açúcar no ato da colheita e no rendimento operacional da colhedora com uma ou duas linhas.

O espaçamento irregular entre sulcos é obtido na operação de sulcação ou plantio mecanizado e gera dificuldades para todas as operações subsequentes, afetando todo o processo produtivo. Na reforma dos canaviais, a irregularidade no espaçamento aparece como a causa dos efeitos na operação de eliminação mecânica da soqueira, gerando falhas no arranquio. Durante o plantio mecanizado, é gerada uma redução do estande, e nas operações de cultivo tríplice, colheita e aplicação de herbicidas, o alinhamento das máquinas é afetado. As máquinas e implementos trabalham com espaçamento fixo, e, se as fileiras estão desalinhadas e fora dos limites de tolerância especificados, as dificuldades nas operações são evidentes, como exemplo, o pisoteio das fileiras e as falhas na pulverização (CAMPOS et al., 2008).

Figura 7 – Variação entre sulcos no plantio mecanizado sem uso do piloto automático da Fazenda Granada no município de Alto Taquari – MT; 2010.



Fonte: Dados do experimento.

CONCLUSÃO

O sistema de piloto automático mostrou ser bastante eficiente no que diz respeito ao paralelismo no plantio de cana-de-açúcar.

Quando comparado ao sistema convencional, o piloto automático foi estatisticamente melhor, com média de 1,5011 m no espaçamento entre sulcos de plantio de cana-de-açúcar.

O piloto automático apresentou-se mais eficiente e constante do que o sistema convencional no plantio de cana-de-açúcar. A variação encontrada no espaçamento entre sulcos foi de 1,47 à 1,52 m com o uso do piloto automático e 1,39 à 1,63 m no plantio sem o uso do piloto automático.

REFERENCIAS

AYRES, M.et al. **BioEstat 4.0:** aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Sociedade Civil de Mamirauá, UFPA. Belém. Ver. 4.0. 324 p. 2005.

AYRES, M.et al. **BioEstat 4.0:** aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Sociedade Civil de Mamirauá, UFPA. Belém. Ver. 4.0. CD-ROM. 2005.

BALASTREIRE, L. A. **Potencial de utilização dos conceitos de agricultura de precisão na cultura da cana-de-açúcar.** S.T.A.B., Piracicaba, v.16, n.4, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia:** 2006-2011. Brasília. 2006. 120 p.

CAMBARDELLA, C.A.; KARLEN, D.L. **Spatial analysis of soil fertility parameters. Precision Agriculture,** Warwick, v.1, n.1, p. 5-14, 1999.

CAMPOS, C.M.; MILAN, M.; SIQUEIRA, L.F.F. **Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção da cana-de-açúcar.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.28, n.3, 2008.

EMBRAPA. **Cenários futuros garantem destaque à cana-de-açúcar.** Área de Comunicação Empresarial, 2008. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/embrapa/imprensa/noticias/2008/setembro/1a-semana/cenarios-futuros-garantem-destaque-a-cana-de-acucar>>. Acesso em: 10/11/08

IBGE, 2010. In: Felipe, F.I. **Conjuntura do mercado de cana-de-açúcar e derivados no Brasil, no Confronto das Safras de 2010 - Brasil - Julho 2012;** Brasília, (acesso 14/07/2014) http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201206_7.shtm

JOHN DEERE. AMS - Soluções em Gerenciamento Agrícola. Disponível em: <http://www.deere.com.br/pt_BR/ag/products/ams/base_rtk.html>. Acesso em: 30 jul. 2014.

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.; **Tendências da agricultura de precisão no Brasil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO 2004, 2004, Piracicaba. Anais do Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2004. Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. p. 1-10.

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 CD-ROM.

STABILE, M.C.C.; BALASTREIRE, L.A. Comparação de três receptores GPS para uso em agricultura de precisão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.215-223, 2006.

STOMBAUGH, T.S.et al. Implications of standardized GNSS accuracy testing. In: **International conference on precision agriculture**, 9., 2008, Denver. Proceedings... Denver: Colorado State University, 2008. 1 CD-ROM.