

## QUALIDADE DO PARALELISMO ENTRE PASSADAS NO PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR AUXILIADO COM O SISTEMA DE NAVEGAÇÃO TRUEGUIDE

João Victor Cassia Munhoz<sup>1</sup>, David Luciano Rosalen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP, (16) 3209-7276, victormunhoz91@hotmail.com;

<sup>2</sup> Professor, Doutor, Depto. Engenharia Rural, FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP;

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** A partir da necessidade do setor sucroalcooleiro de melhorar as operações mecanizadas na cultura da cana-de-açúcar, foram adotados sistemas de direcionamento automático aliado a navegação via satélite para os conjuntos mecanizados. Dessa forma, surgiu a necessidade de avaliar a real eficiência dessas tecnologias. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do sistema Trueguide no tocante ao paralelismo entre passadas e comparar com paralelismo promovido pelo sistema de piloto automático hidráulico sem Trueguide. Para foram mapeadas e avaliadas as entre passadas em um talhão de relevo plano (declividade de 1,3%) e um talhão com relevo suave ondulado (declividade 6,7%) utilizando-se receptores GNSS. O sistema Trueguide foi avaliado enquanto estava ativo simultaneamente com o piloto automático hidráulico durante a operação, e a comparação foi realizada com a operação feita apenas com o piloto automático hidráulico direcionando o conjunto. Cada sulco tem aproximadamente 100 m de comprimento e as amostras foram avaliadas tomando como referência a base do sulco. A acurácia do sistema Trueguide foi de cinco centímetros para relevo plano e dez centímetros para relevo suave ondulado, sendo que o resultado foi melhor que o tratamento sem Trueguide em ambas as declividades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura de precisão, Cana-de-açúcar, Piloto automático.

### PARALLELISM QUALITY BETWEEN PASSES IN THE PLANTING OF SUGAR CANE WITH AID OF THE TRUEGUIDE NAVIGATION SYSTEM

**ABSTRACT:** From the necessity of the sugar cane business to improve the mechanized operations on the sugar cane culture, auto-guidance systems were adopted allied with satellite navigation for mechanized sets. That way, came the need to assess the real efficiency such technologies. Therefore, the present work had as objective to evaluate the quality of the system Trueguide regarding the parallelism between passes and compare with the parallelism promoted by the hydraulic autopilot system without Trueguide. For this were mapped and evaluated the between passes in a compartment with flat relief (declivity 1,3%) and in a compartment with relief mildly hilly (declivity 6,7%), using GNSS receivers. The Trueguide system was evaluated while was active simultaneously with the hydraulic autopilot system during the operation, and the comparison was performed with the operation when only the hydraulic autopilot was driving the set. Each furrow has approximately 100 meters in length and the samples were evaluated taking as reference the base of the furrow. The accuracy of the Trueguide system was five centimeters for flat relief and ten centimeters for relief mildly hilly, the results were better with Trueguide system at both slopes.

**KEYWORDS:** Precision Agriculture, Sugar cane, Autopilot.

**INTRODUÇÃO:** Sabe-se que desde que surgiu o conceito de agricultura de precisão surgiram diversos métodos e equipamentos de posicionamento, distribuição e colheita dos produtos agrícolas e ainda continuam surgindo novidades neste mercado. Com o surgimento de novos métodos de posicionamento e correção, em tempo real, na agricultura moderna, surge a necessidade de avaliar se o real propósito destes sistemas é atingido e isso só é possível com o incentivo de pesquisas nessa área. Uma das técnicas utilizadas na agricultura de precisão é a navegação automática de máquinas agrícolas, de onde surgiu o conceito de piloto automático, que utiliza sinal GNSS para direcionar diretamente o veículo agrícola (MACHADO, 2011). Existem, basicamente, duas modalidades de piloto automático: piloto elétrico e piloto hidráulico. A segunda modalidade garante uma acurácia de posicionamento na ordem de centímetros, desde que sejam resolvidas as ambiguidades do posicionamento relativo em tempo real. Porém, até então, no piloto hidráulico, o sistema corrige o direcionamento do trator, enquanto que os implementos ficam sujeitos a alteração de sua rota inicialmente planejada devido as irregularidades do terreno e outros fatores inerentes a própria operação agrícola. O sistema Trueguide é uma tecnologia relativamente nova que consiste de um sistema de controle de orientação do implemento que tem por objetivo colocar o implemento no correto alinhamento quando ligado ao sistema de piloto automático. Com esse sistema o trator tem sua rota traçada para colocar o implemento no lugar correto garantindo alta qualidade na operação. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o paralelismo entre passadas no plantio de cana-de-açúcar utilizando-se da tecnologia Trueguide, em duas classes de declividade, plana (0-3%) e suave ondulado (3-8%).

**MATERIAL E MÉTODOS:** O ensaio foi conduzido na área de produção agrícola da Usina São José, localizada no município de Lençóis Paulista-SP, próximo às coordenadas geodésicas 22°27'31"S e 48°50'03"W, com altitude de aproximadamente 590 m. O solo da região é classificado como LATOSSOLO VERMELHO AMARELO álico de textura moderada (PRADO, 1997). A área de estudo foi composta de dois talhões com diferentes declividades; uma delas com relevo plano (1,3%) e a outra com relevo suave ondulado (6,7%), em ambos os talhões foi avaliado o paralelismo das entre passadas no plantio da cana-de-açúcar. Essas avaliações foram realizadas em duas situações; com o sistema Trueguide ligado e desligado. O trator utilizado para tracionar a plantadora durante a operação de abertura dos sulcos e plantio das mudas de cana-de-açúcar foi um trator John Deere modelo 7815. A plantadora utilizada para abertura dos sulcos e plantio das mudas foi uma DMB, modelo PCP 6000. Foi utilizado um sistema de piloto automático hidráulico, com correção RTK, da marca Trimble para direcionar o trator durante a operação de abertura dos sulcos de plantio; em conjunto com esse sistema foi utilizado o sistema Trueguide, também da marca Trimble. Para o levantamento planimétrico dos sulcos de plantio foram utilizadas duas antenas receptoras GNSS da marca Trimble, modelo R6 com precisão de  $\pm (3\text{mm} + 1 \text{ mm km}^{-1})$  e coletor de dados marca Trimble modelo TSC3; tomou-se como referência a base dos sulcos. As observáveis GNSS foram pós-processadas no software Trimble Business Center. Cada sulco mediam, aproximadamente, cerca de 100 m e mediu-se 709 distâncias entre passadas utilizando-se os *softwares* Topograph Tg98SE e AutoCad MAP 2010. Foi realizada a análise descritiva dos dados, aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e efetuada a análise de variância; para tanto, foi utilizado o programa Assistat 7.7. Foi considerado como precisão o desvio padrão da média das medidas, aos níveis de confiança de 68,3% e 95%. Para a determinação da acurácia, foi considerado como valor de referência o espaçamento de 1,5 m adotado no projeto de plantio da cana-de-açúcar.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A Tabela 1 exhibe os resultados da análise descritiva e o teste de normalidade para as distâncias entre passadas obtidos no talhão de relevo plano, utilizando-se e não utilizando-se o sistema Trueguide.

TABELA 1. Análise descritiva e teste de normalidade para os valores de distâncias entre passadas do talhão de relevo plano, com e sem Trueguide.

Parâmetro	Com Trueguide	Sem Trueguide
Média (m)	1,45	1,41
Mediana (m)	1,44	1,43
Mínimo (m)	1,23	0,68
Máximo (m)	1,73	2,14
Amplitude (m)	0,50	1,46
Variância (m <sup>2</sup> )	0,02	0,03
Desvio Padrão (m)	0,15	0,18
Coefficiente de variação (%)	10,38	12,71
Coefficiente de curtose	-1,546	4,445
Coefficiente de assimetria	0,16	-0,97
Teste de Shapiro - Wilk	Não normal	Não normal

Os valores de variância, desvio padrão e coeficiente de variação foram menores para o tratamento com Trueguide confirmando que a operação de abertura do sulco de plantio obteve um resultado mais homogêneo no tocante ao paralelismo entre sulcos, em relação à operação sem Trueguide. A Tabela 2 exibe os resultados relativos a acurácia e a precisão, assim como o resultado da análise de variância, obtidos no plantio de cana-de-açúcar no talhão de relevo plano.

TABELA 2. Média, acurácia e precisão da distância entre passadas para o talhão de relevo plano

Parâmetro	Com Trueguide (m)	Sem Trueguide (m)
Média	1,45**	1,41**
Acurácia	0,05	0,09
Precisão (68,3%)	0,01	0,01
Precisão (95%)	0,02	0,02

\*\* : significativo (P < 0,01).

Os resultados exibidos pela Tabela 2 indicam que a acurácia para o tratamento sem Trueguide foi de 9 cm, enquanto que no tratamento com Trueguide a acurácia foi de apenas 5 cm, o que evidencia que o sistema Trueguide proporcionou uma melhora no paralelismo da operação. A Tabela 3 exibe os resultados da análise descritiva e o teste de normalidade para a distância entre passadas obtidos no talhão de relevo suave-ondulado, utilizando-se e não utilizando-se o sistema Trueguide.

TABELA 3. Análise descritiva e teste de normalidade para os valores de distâncias entre passadas do talhão de relevo suave-ondulado, com e sem Trueguide.

Parâmetro	Com Trueguide	Sem Trueguide
Média (m)	1,60	1,39
Mediana (m)	1,60	1,39
Mínimo (m)	1,42	1,29
Máximo (m)	1,72	1,52
Amplitude (m)	0,30	0,23
Variância (m <sup>2</sup> )	0,00	0,00
Desvio Padrão (m)	0,06	0,06
Coefficiente de variação	3,76	3,94
Coefficiente de curtose	0,701	0,201
Coefficiente de assimetria	-0,38	0,38
Teste de Shapiro - Wilk	Normal	Não normal

A Tabela 4 exibe os resultados relativos a acurácia e a precisão, assim como o resultado da análise de variância, obtidos no plantio de cana-de-açúcar no talhão de relevo suave-ondulado.

TABELA 4. Média, acurácia e precisão da distância entre passadas para o talhão de relevo suave-ondulado.

Parâmetro	Com Trueguide (m)	Sem Trueguide (m)
Média	1,60**	1,39**
Acurácia	0,10	0,11
Precisão (68,3%)	0,07	0,07
Precisão (95%)	0,14	0,14

\*\* : significativo (P<0,01).

As acurácias encontradas para ambos os tratamentos, com e sem Trueguide, foram muito semelhantes, indicando que o sistema Trueguide num relevo mais acentuado acabou contribuindo de forma menos acentuada para a melhoria da qualidade do paralelismo. Destaca-se que outros autores também avaliaram a qualidade de paralelismo utilizando-se também de piloto automático, porém sem o auxílio da tecnologia Trueguide. Por exemplo, Molin (2011), avaliando um sistema automático de orientação com correção diferencial via satélite, determinou que o erro médio do sistema (acurácia) foi de 13 cm entre passadas, indicando que esse sistema de direcionamento mostra-se compatível com operações que exijam acurácia de paralelismo na ordem de décimos. Já Baio (2011), comparou a acurácia do sistema de autodirecionamento via satélite com o direcionamento manual realizado pelo operador, e concluiu que o uso do sistema de autodirecionamento ou piloto automático na operação de plantio de cana-de-açúcar obteve uma acurácia de, aproximadamente, 3 cm entre passadas, sendo esse valor cinco vezes menor do que a obtida pela operação manual e ainda, possibilitou o plantio de um maior número de linhas por área. Também, Machado (2011) avaliou o sistema de piloto automático hidráulico no plantio de cana-de-açúcar, e verificou que, em relação ao paralelismo, a acurácia da operação de sulcagem foi de 1,3 cm e, quanto à profundidade dos sulcos de plantio, a acurácia do sistema foi de 2,9 cm. Esses resultados, assim como os encontrados no presente trabalho, evidenciam que é possível alcançar acurácia na ordem de centímetros fazendo-se uso de sistemas de autodirecionamento em máquinas agrícolas.

**CONCLUSÕES:** a acurácia do sistema Trueguide foi de cinco centímetros para relevo plano e dez centímetros para relevo suave ondulado, sendo que o resultado foi melhor que o tratamento sem Trueguide em ambas as declividades. Porém, no relevo plano, o sistema Trueguide contribuiu de forma mais acentuada para a melhoria da qualidade do paralelismo das entre passadas no plantio da cultura da cana-de-açúcar.

## REFERÊNCIAS

BAIO, F. H. R.; MORATELLI, R. F. Avaliação da acurácia no direcionamento com piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional no plantio mecanizado da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.367-375, 2011.

MACHADO, M. P. P. **Estudos sobre sistemas de piloto automático no plantio de cana-de-açúcar**. 54f. Trabalho de graduação – Curso de Engenharia Agrônoma, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal, 2011.

MOLIN, J. P. et al. Método de avaliação de equipamentos para direcionamento de veículos agrícolas e efeito de sinais GNSS. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 121-129, 2011.

PRADO, H. **Os solos do Estado de São Paulo: mapas pedológicos**. Piracicaba – SP: ESALQ, 1997. 205 p.