

QUALIDADE DO PILOTO AUTOMÁTICO HIDRÁULICO EM RELAÇÃO A DIFERENTES VELOCIDADES DE SULCAÇÃO

CRISTIANO ZERBATO¹, MURILO A. VOLTARELLI², DAVID LUCIANO ROSALEN³,
GUILHERME DE CASTRO BELARDO⁴, ROUVERSON P. DA SILVA⁵

¹ Professor Assistente Doutor I, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, Brasil, (16) 3209-7627, zerbato@fcav.unesp.br

² Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

³ Professor Assistente Doutor I, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, Brasil

⁴ Doutorando em Agronomia, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, Brasil

⁵ Professor Adjunto III, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, Brasil

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: A qualidade da sulcação na implantação de diferentes culturas agrícolas é fundamental para uma boa condução das diferentes práticas agrícolas que serão realizadas posteriormente. Tecnologias de piloto automático, aliadas a utilização de sistemas GNSS têm contribuído para a melhora da qualidade dessa operação. Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da sulcação na implantação de uma cultura perene utilizando-se piloto automático hidráulico aliado ao posicionamento GNSS em três velocidades (5, 6 e 7 km h⁻¹). A distância entre sulcos utilizada foi de 3 m. O indicador de qualidade utilização para a avaliação foi o paralelismo entre sulcos. Para tanto, após a sulcagem, mapeou-se cinco sulcos curvilíneos para cada velocidade com uma estação total de alta precisão e comparou-se com os arquivos de dados realizados pelo sistema do piloto automático. Não houve diferença entre as médias para as três velocidades estudadas, visto que o paralelismo foi mantido entre cada sulco e o espaçamento desejado foi alcançado, com erro residual na ordem de centímetros, porém o controle estatístico de processos foi eficiente para demonstrar a variabilidade do processo, assim como suas instabilidades, resultando maior qualidade da operação em 5 km h⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de precisão, GNSS, erro.

QUALITY OF HYDRAULIC AUTOPILOT IN RELATION TO DIFFERENT SPEEDS OF FURROW

ABSTRACT: The quality of the furrowing on the deployment of various crops is crucial for a proper conduct of different agricultural practices that will be held later in crop development. Autopilot technologies, coupled with use of GNSS systems have contributed to the improvement this quality of the operation. Thus, the present study aimed to assess the quality of the furrows on the deployment of the perennial crop using hydraulic autopilot coupled to the GNSS positioning in three different speeds (5, 6 e 7 km h⁻¹). The distance of rows used was 3 m. The quality indicator used in the evaluation was the parallelism between rows. For this, after the furrowing, five curved rows for each speed were mapped with a high precision total station and compared with the data files performed by the autopilot system. There was no difference between the average for the three speeds studied, whereas the parallelism is maintained between each row and the desired spacing was achieved, with residual error in the order of centimeters, but the statistical process control was effective to demonstrate the variability of the process as well as their instability, resulting in higher quality of operation at 5 km h⁻¹.

KEYWORDS: Precision Agriculture, GNSS, error.

INTRODUÇÃO: Para melhor manejo das culturas agrícolas, novas tecnologias têm sido desenvolvidas no campo com o auxílio da mecanização agrícola. Dentre elas, destaca-se a utilização de sistemas de navegação global por satélite (Sistemas GNSS), que aliado a sistemas de direcionamento automático, permite um maior controle das operações mecanizadas como tráfego, paralelismo e repetibilidade na semeadura, plantio e aplicação de insumos (MONICO, 2008). Caso haja a necessidade da repetibilidade das linhas de plantio, como no caso da cultura de cana-de-açúcar, devido à colheita mecanizada, o método de posicionamento relativo cinemático em tempo real - RTK (*Real Time Kinematic*) aliado ao piloto automático hidráulico é o mais indicado, devido à alta qualidade de posicionamento, que atinge a casa de centímetros (MOLIN et al., 2008; HARBUCK et al., 2006). Porém, quando o manejo não exige qualidade de centímetros, podem-se utilizar métodos e equipamentos que proporcionam qualidade de decímetros como o posicionamento diferencial (DGPS) em conjunto com piloto automático elétrico (TRIMBLE, 2013). Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade de posicionamento proporcionada pelo posicionamento relativo aliado a um piloto automático hidráulico, na operação de abertura de sulcos para fins de implantação de uma cultura perene e posterior análise de comparação entre sulcos em três diferentes velocidades.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi conduzido numa gleba de terras particular, localizada no município de Jaboticabal - SP, durante a operação de sulcagem para fins de testes para implantação de uma cultura perene. Nessa operação foi utilizado um sistema de navegação da marca Trimble, receptor GNSS AG-45 com dados pós-processados de precisão 3 a 4 cm e um monitor Trimble FMX aliado a um piloto automático hidráulico, também Trimble. Para a avaliação do paralelismo e do espaçamento da sulcagem, foram mapeados cinco sulcos curvilíneos para cada velocidade de 4 km h⁻¹, 5 km h⁻¹ e 6 km h⁻¹ com cerca de 200 m de comprimento, utilizando-se um receptor GNSS de marca Trimble modelo R6 de posicionamento relativo semi-cinemático. Foi utilizado o método das Irradiações para planimetria e o Nivelamento Trigonométrico para altimetria.

Destaca-se que foram aplicadas as correções de curvatura e refração atmosférica. Para correção da refração foram observadas medidas de temperatura e pressão durante a observação de distâncias. Para registro da temperatura e da pressão foi utilizado termômetro de mercúrio marca Labortherm-N, modelo Skalenwert 1k (resolução de 1° C) e barômetro marca Fischer (resolução de 1 mbar). Foram mapeados os eixos de cada sulco amostral. O espaçamento de sulcagem adotado no momento da operação foi de 3,0 m entre as linhas de plantio. Para cada entre linhas foram determinados o espaçamento médio e respectiva precisão e baseando-se no valor de referência, de 3,0 m para o espaçamento, foi determinada a acurácia da sulcagem conforme Mikhail e Gracie (1981). Também, foi realizada análise de variância (ANOVA), comparando-se o espaçamento entre linhas dos quinze sulcos amostrados.

Em seguida realizou-se a análise de controle estatístico de processo, utilizando-se como ferramentas, cartas de controle para valores individuais, de modo a permitir a verificação da estabilidade do processo. Essas cartas apresentam três linhas, sendo que a linha central representa a média geral, enquanto que as outras duas linhas representam os limites superior e inferior de controle (LSC e LIC, respectivamente), calculados com base no desvio-padrão das variáveis (para LSC, média mais três vezes o desvio-padrão, e para LIC, média menos três vezes o desvio, quando maior que zero) (MONTGOMERY, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nota-se que a utilização do piloto automático no plantio mecanizada da cana-de-açúcar, nas três velocidades operacionais permitiu que tivessem a mesma média de paralelismo, sendo possível adotar com a mesma eficiência a velocidade de 7 km h⁻¹ sem que haja prejuízos no paralelismo entre as fileiras de plantio, aumentando assim, a capacidade de campo operacional. Ainda nestes resultados nota-se uma proximidade média do valor central desejado (3 metros entre duas passadas), tendo uma variação 2,5%, 0,5% e 0,5% para as velocidades 5, 6 e 7 km h⁻¹ respectivamente, em relação ao objetivo. Representando uma precisão média de 7,5 cm, 1,4 cm e 1,4 cm para as velocidades 5, 6 e 7 km h⁻¹. Ao comparar com a precisão encontrada com a do aparelho utilizado, que é de 3 a 4 cm, nota-se que a menor velocidade apresentou média superior, podendo ser atribuída à calibragem do GPS, que pode ter maior ou menor quantidade de pulsos de acordo com a velocidade de trabalho e a necessidade de correção de sinal ao longo da operação. Oliveira e Molin (2011) também observaram que em velocidades menores a acurácia do piloto automático diminui,

tendo uma precisão de correção baixa mesmo com auxílio do RTK. Por outro lado Molin et al. (2006) ressaltam que além dos benefícios decorrentes da utilização de GPS na agricultura de precisão, os usos de suas ferramentas em prol do gerenciamento propiciam aumento do rendimento e reduz demanda de mão de obra gerencial, reduzindo também custo.

TABELA 1. Paralelismo entre passadas utilizando piloto automático na plantadora em três velocidades operacionais.

Tratamentos	Distância entre passadas da plantadora
T1 – 5 km h ⁻¹	3,075 a
T2 – 6 km h ⁻¹	2,986 a
T3 – 7 km h ⁻¹	3,014 a
CV	5,07

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; CV – coeficiente de variação.

Do ponto de vista qualitativo (Figura 1), ressalta-se que as três velocidades operacionais tiveram desvio padrão semelhantes, representados pelos limites inferiores e superiores de controle, caracterizando que tiveram variabilidade de resultados semelhantes ao longo da operação. Porém, ao observar os pontos fora de controle (fora dos limites), verifica-se que a operação com maior velocidade resultou em maior número de pontos não inerentes ao processo ou de característica anormal pela distribuição dos resultados, caracterizando-o como operação de menor qualidade sob a óptica do controle estatístico de processo. Neste sentido a menor velocidade se caracterizou pelo menor número de pontos fora de controle, propiciando maior qualidade ao processo. O único ponto fora de controle nesta menor velocidade pode estar relacionado ao fator meio ambiente que interfere em ensaios de campo, porém em condições normais podem ser considerados dentro de controle. Alguns trabalhos que analisaram a qualidade de diversas operações no meio agrícola, mostram que operações que obtêm melhor qualidade operacional e garante maiores rendimentos além de permitir que os processos agrícolas sejam capazes de atingir metas (VOLTARELLI et al., 2014; ZERBATO et al., 2014; SILVA et al, 2013; TOLEDO et al., 2013; COMPAGNON et al., 2012). Nos últimos anos, a análise e monitoramento de processos agrícolas vêm sendo utilizado como ferramenta de gestão e tomada de decisão, visando reduzir causas de instabilidade e variabilidade, melhorando a qualidade do processo em questão (NORONHA et al. 2011; BARROS; MILAN, 2010; PELOIA et al., 2010; TOLEDO et al. 2008).

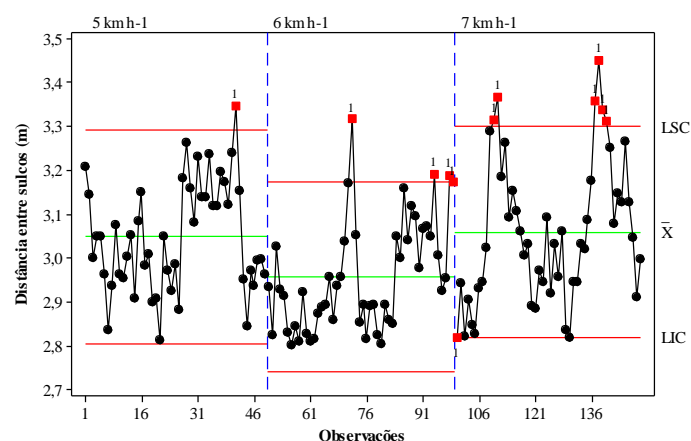


FIGURA 1. Cartas de controle da distância entre sulcos realizadas com a utilização de piloto automático em três velocidades operacionais.

CONCLUSÕES: A operação de sulcagem, no tocante a navegação da máquina agrícola, teve um desempenho adequado em velocidades médias e baixas visto que o paralelismo foi mantido entre cada sulco e o espaçamento desejado foi alcançado, com erro residual na ordem de centímetros.

A utilização do controle estatístico de processos foi eficiente para se demonstrar o a variabilidade do processo, assim como suas instabilidades. Resultando maior qualidade na operação de 5 km h⁻¹ por tem apenas um ponto fora de controle.

REFERÊNCIAS

- BARROS F. F.; MILAN M. Operational quality of sugar cane planting. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 221-229. 2010.
- COMPAGNON, A. M.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; GRAAT, G.; VOLTARELLI, M. A. Comparação de métodos de perdas na colheita mecanizada de soja. **Revista Scientia Agropecuaria**, v. 3, p. 1-5, 2012.
- HARBUCK, T. L.; FULTON, J. P.; MCDONALD, T. P.; BRODBECK, C. J. **Evaluation of GPS autoguidance systems over varying time periods**. St Joseph: 2006. Disponível em: <<http://www.asabe.org>> Acesso em: 30 jan. 2011.
- MOLIN, J. P.; MILAN, M.; NESSRALLAH, M. G. T.; CASTRO, C. N.; GIMENEZ, L. M. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, p.759-767, 2006.
- MOLIN, J. P.; SALVI, J.V; POVH, F.P; MACHADO, T.M; MENEGATTI, L. A. Avaliação do paralelismo, alinhamento e espaçamento entre fileiras de cana-de-açúcar em plantio mecanizado realizado com piloto automático. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2008, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ – USP, 2008.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Unesp, 2008. 476p.
- MONTGOMERY, D. C. Control charts for variables. In: MONTGOMERY D.C. (ed) **Introduction to statistical quality control**, Arizona: 6rd edn. Wiley, 2009. p. 226-268.
- NORONHA, R. H. F.; SILVA, R. P.; CHIODEROLI, C. A.; SANTOS, E. P.; CASSIA, M. T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 931-938, 2011.
- OLIVEIRA, T. C. A.; MOLIN, J. P. Uso de piloto automático na implantação de pomares de citros. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.334-342, mar./abr. 2011.
- PELOIA, P. R.; MILAN, M.; ROMANELLI, T. L. Capacity of the mechanical harvesting process of sugarcane billets. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 67, n. 6, p. 619-623, 2010.
- SILVA, F. C.; SILVA, F. M.; SILVA, A .C.; BARROS, M. M.; PALMA, M. A. Z. Desempenho operacional da colheita mecanizada e seletiva do café em função da força de desprendimento dos frutos. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 53-60, 2013.
- TOLEDO, A.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A. Quality of cut and base cutter blade configuration for the mechanized harvest of green sugarcane. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 70, n. 6, p. 384-389, 2013.
- TRIMBLE. **Trimble agriculture**. Westminster: 2013. 19 p. Disponível em: <<http://www.trimble.com/agriculture/>> Acesso em: 21 apr. 2013.
- VOLTARELLI, M .A.; ZERBATO, C.; GAION, L. A.; FERREIRA, M. C.; GALATTI, F. S. Uniformity of droplets distribution and control of Ipomoea grandifolia after simulated rainfall. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 7, p. 73-81, 2014.
- ZERBATO, C.; FURLANI, C .E .A.; VOLTARELLI, M. A.; BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P. Quality control to seeding systems and densities in peanut crop. **Australian Journal of Crop Science**, v. 6, p. 992-998, 2014.