

SEÇÃO 4

ENGENHARIA AGRÍCOLA

AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DO PILOTO AUTOMÁTICO UTILIZANDO LINHAS “AB” E LINHAS PLANEJADAS NO PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Marcelo Luiz Chicati¹, Roberto Takashi Hashimoto² e Mônica Sacioto³

¹Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Agrícola, Campus do Arenito. Rodovia PR 482, Km 45, CEP: 87820-000, Cidade Gaúcha, PR. E-mail: mlchiati@hotmail.com

²Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Agrícola, Campus do Arenito. Rodovia PR 482, Km 45, CEP: 87820-000, Cidade Gaúcha, PR. E-mail: hashimoto1986@hotmail.com

³ Universidade Estadual de Maringá-UEM, Pós-Graduação em Agronomia, Avenida Colombo, 5790, Jardim Universitário, CEP: 87020-900, Maringá, PR. E-mail: monicasacioto@gmail.com

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar qual o método de delineamento de linhas “AB” (sendo seu uso necessário em situações onde não há tempo disponível para as linhas serem feitas em um SIG) ou planejadas (são feitas com o uso de sistemas de informações geográficas e posteriormente o arquivo é descarregado no sistema de direcionamento via satélite do veículo) apresenta maior acurácia no plantio utilizando-se piloto automático com sistema de correção de posicionamento RTK. Para esta operação foram utilizados a sulcadora e plantadora de cana-de-açúcar DMB modelo PCP 6000 e um trator John Deere modelo 7225j. As informações de paralelismo foram coletadas a campo com as mudas em estágio de desenvolvimento. O método das linhas “AB” não diferiu estatisticamente do método das linhas planejadas, podendo ser substituída sem perda de acurácia no plantio dos toletes. Sendo assim, concluiu-se que o plantio com piloto automático pode ser realizado imediatamente após o georreferenciamento dos terraços e carreadores.

PALAVRAS-CHAVE: Piloto automático, linhas “AB”, linhas planejadas, SIG.

ACCURACY EVALUATION TO AUTOMATIC PILOT USING “AB” AND PLANNED LINES ON SUGARCANE PLANTING

ABSTRACT: This work aimed to evaluate which method of delineating "AB" lines (with its necessary use in situations where there is no time available to the lines being made into a GIS) or planned (they are made with the use of geographic information systems and then file is downloaded in targeting satellite system of the vehicle) have greater accuracy in planting using autopilot correction RTK positioning system. For this operation the sugarcane plow and planter DMB model PCP6000 and a John Deere tractor model 7225j were used. The information collected in the field was parallel with the seedlings in the development stage. The “AB” lines method did not differ statistically from the planned lines method, which can be replaced without loss of accuracy in the planting of cuttings. Thus, it was concluded that planting with autopilot can be performed immediately after the georeferencing of terraces and carriers.

KEY WORDS: Autopilot, “AB” lines, planned lines, GIS.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e líder mundial na produção de etanol da cana-de-açúcar, e ainda possui disponibilidade de terras cultiváveis para o plantio da cana, sem prejuízo para outros cultivos alimentares. Na safra 2011/2012 o país produziu mais de 490 milhões de toneladas de cana-de-açúcar por ano (UNICA, 2013). O país também é responsável por mais da metade do açúcar comercializado no mundo, alcançando taxa média de aumento da produção de 3,25%, até 2018/19, e colher 47,34 milhões de toneladas do produto, o que corresponde a um acréscimo de 14,6 milhões de toneladas em relação ao período 2007/2008. Para as exportações, o volume previsto para 2019 é de 32,6 milhões de toneladas (MAPA, 2013).

As novas tecnologias para o campo surgem para tentar suprir tal demanda de energia e alimentos que o planeta exige, rentabilizando ao máximo os ganhos por unidade de área e nunca deixando de lado os conceitos de sustentabilidade. Esta evolução no campo está sendo acompanhada do surgimento e barateamento dessas novas tecnologias que maximizam a capacidade de produção. No setor sucroalcooleiro muitos pesquisadores têm afirmado que, para que isto ocorra, é indispensável à inserção da mecanização em todos os setores da produção, mais precisamente no ponto crucial da implantação da agricultura de precisão na cultura da cana-de-açúcar que é o plantio dos toletes, não podendo acarretar falhas e desvios nas linhas de plantio (Hashimoto, 2013).

A Agricultura de Precisão (AP) é uma atividade que engloba as técnicas do sensoriamento remoto conjuntamente com os sistemas de informação geográficas (SIG's), cuja finalidade é o completo conhecimento espacial preciso. É o conjunto de técnicas que permite o gerenciamento localizado de culturas (BALESTREIRE, 2000). Segundo Baio & Moratelli (2011), o crescimento da mecanização na cana-de-açúcar dinamiza os processos das técnicas de AP, diminuindo o uso dos insumos agrícolas e os custos de produção do etanol.

Segundo Molin (1997) a AP em certo momento da sua evolução era muitas vezes confundida com o conceito GPS (Global Positioning System). Esse sistema nada mais é do que uma sofisticada ferramenta de trabalho disponível para a exploração e administração da produção. A AP intensificou-se principalmente pelo surgimento do GPS e do Differential Global Positioning System (DGPS). O DGPS aumenta consideravelmente a precisão da localização dada pelo GPS sem a correção, conseguindo corrigir em tempo real ou após as leituras da navegação (PERIN, 2008). O sistema que corrige os erros em tempo real é denominado RTK (Real Time Kinematic) e aquele que não possui essa capacidade é chamado DGPS pós-processado.

Molin et al. (2011), citando Antuniassi & Baio (2008), demonstram que a barra de luz foi o primeiro sistema de direcionamento de veículo com sinal GNSS a ser incorporados às máquinas agrícolas. O direcionamento por barra de luzes evoluiu com o incremento de um motor auxiliar ligado à direção do veículo ou por ação direta no sistema hidrostático de direcionamento, governado pela informação gerada por um receptor GNSS. Sendo denominado como sistema de auto-esterçamento, auto-direcionamento ou piloto automático (MOLIN et al., 2011).

Segundo Silva et al. (2011), 39% das usinas sucroalcooleiras instaladas no Brasil adotam sistemas de auto direcionamento por satélites. Baio & Moratelli (2011) afirmam que a grande vantagem do uso do piloto automático em relação ao sistema convencional (manual) é a redução do número de operações mecanizadas. Neto (2000) afirma que a relação planta-espacamento influi na redução de custos em operações, controle de ervas daninhas, cultivo e colheita. Dentre as incontáveis operações envolvidas no sistema de produção da cana-de-açúcar, a que tem mais destaque atualmente é o plantio mecanizado, sendo feito conjuntamente com um sistema de auto direcionamento via satélite e sistema RTK de posicionamento. A acurácia geralmente é centimétrica, evitando perdas futuras que ocorrem no pisoteio das soqueiras pelos tratos culturais, tendo assim, um ganho de linhas por área plantada, pois o paralelismo entre as linhas beira a perfeição, diminuindo áreas onde ocorre espaçamento em demasia.

O objetivo deste trabalho foi analisar dados de paralelismo das mudas emergentes de cana-de-açúcar nas linhas de plantio a campo, utilizando dois métodos de confecção de linhas com auxílio de posicionamento por satélite (linhas “AB” e linhas planejadas ou adaptáveis), e verificar qual o método apresenta menor desvio no plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

As atividades de sulcação e plantio dos toletes de cana-de-açúcar foram realizadas no período de 27 de Abril até 10 de Maio do ano de 2013, na fazenda São Paulo, localizada no município de Santa Mônica – PR. Esta fazenda está delimitada pelas coordenadas de latitude 23°09'07'' S e longitude: 53°04'11'' W, com área total de plantio de 187,25 ha e espaçamento entre linhas de 2,40 metros.

A sulcação e plantio foram feitas pela plantadora de cana picada PCP 6000 de duas linhas (0,9 m entre os sulcos e 1,5 m entre as linhas) da marca DMB, com auxílio de um trator John Deere modelo 7225j de 225 cv de potência. Todos os tratores utilizados na área são

dotados de sistemas de piloto automático John Deere – AutoTrac com correção RTK; este é um sistema de navegação onde o operador realiza somente as manobras de cabeceira.

O sistema AutoTrac, que foi utilizado para realizar o experimento, possui uma função em seu software que possibilita “desenhar” linhas paralelas para qualquer tipo de operação, e também para qualquer que seja a largura de trabalho do conjunto mecanizado. Seu uso é necessário em situações onde não há tempo disponível para as linhas serem feitas em um SIG, porém, é necessário o georreferenciamento dos terraços e dos carregadores. Esta forma de delineamento é chamada “linhas AB” (Figura 1).

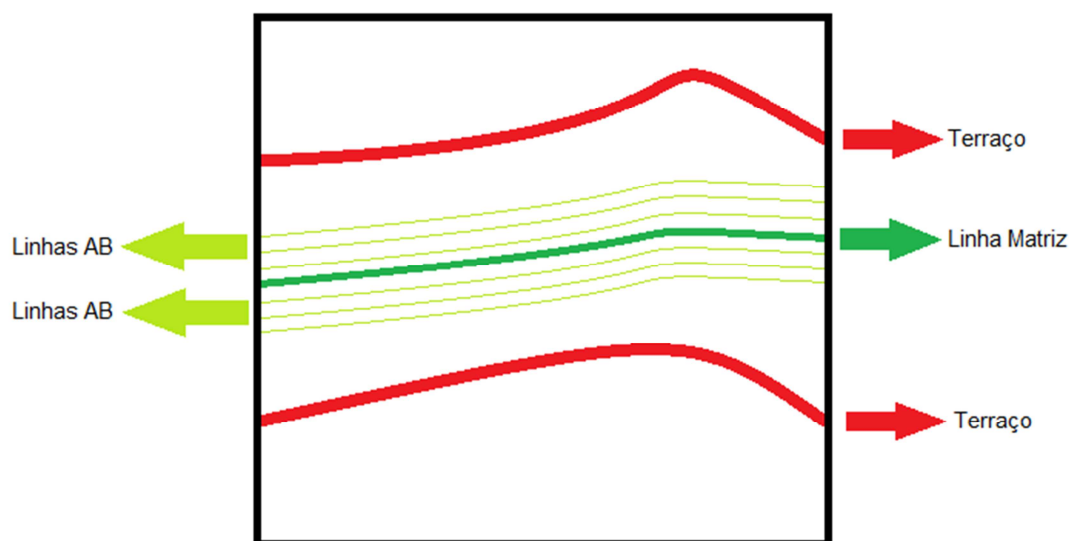


Figura 1 – Delineamento das linhas “AB”.

As linhas “AB” são feitas automaticamente a partir de uma primeira linha feita no piloto manual, com o sistema de localização ativado coletando os dados de posicionamento do conjunto mecanizado. Procura-se fazê-la onde haverá encontros de outras linhas, e, conseqüentemente havendo a formação dos chamados “bicos”. Depois de ser feita a linha matriz do talhão o operador ativa a função do software que “desenha” automaticamente as linhas adjacentes a ela, deixando por conta do sistema de piloto automático, fazer o direcionamento das demais linhas de sulcação e plantio.

Quando as linhas são feitas com o uso de sistemas de informações geográficas e posteriormente o arquivo é descarregado no sistema de direcionamento via satélite do veículo, estas são chamadas de linhas planejadas ou linhas adaptáveis (Figura 2).

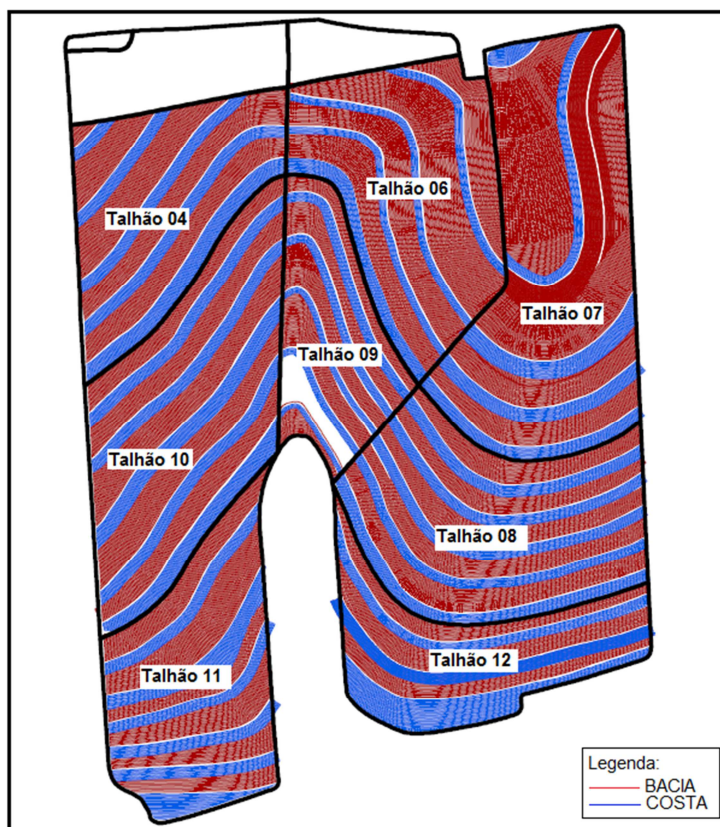


Figura 2 – Linhas planejadas feitas no SIG.

Para estas duas formas de confecção de linhas há a necessidade prévia de georreferenciamento da área antes das operações, especificamente os limites dos terraços e carreadores.

As linhas planejadas (ou adaptáveis) para serem feitas, necessitam das mesmas informações de área utilizadas para as linhas “AB”, porém, os dados de posicionamento dos terraços e carreadores são transferidas para um SIG. Com isso, as linhas de sulcação e plantio do talhão são feitas individualmente de forma manual e, por fim, o arquivo é descarregado no sistema de direcionamento do veículo. As linhas planejadas são inteiramente direcionadas em campo por piloto automático.

A coleta dos dados de paralelismo entre linhas foi realizada com as mudas de cana-de-açúcar já em estágio de emergência e ocorreu da seguinte forma:

- 1º) Localização dos talhões com seus respectivos métodos de delineamento de linhas (“AB” ou planejadas);
- 2º) Escolha das parcelas para cada tratamento;
- 3º) Em cada parcela foram determinados 10 linhas paralelas entre si, sem a formação de “bicos” na sua extensão, de onde foram coletados os dados;

4º) 50 metros à frente da primeira coleta foram coletados mais 10 pontos, todos na mesma linha de plantio que o anterior;

5º) 50 metros à frente da segunda coleta foram coletados mais 10 pontos, todos na mesma linha de plantio que o anterior.

A medição das distâncias entre as linhas foi feita ao pé das plântulas emergentes. Para cada tratamento (linhas “AB” e planejadas) foram determinadas 4 parcelas; em cada parcela foram coletadas 30 amostras, totalizando 240 registros de paralelismo entre linhas. A área de cada parcela foi de aproximadamente 0,24 ha.

Os dados de paralelismo foram coletados nos talhões 1, 2, 6 e 7 (Figura 2). Em cada talhão foram determinadas duas parcelas, sendo que, nos talhões 1 e 2 a cana-de-açúcar foi plantada pelo método das linhas “AB” e nos talhões 6 e 7 a cana foi plantada pelo método das linhas planejadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações de paralelismo foram analisadas estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de significância, onde as médias dos dois tratamentos foram comparadas. Com a análise pôde-se observar que não houve diferença significativa entre os dois tratamentos:

Erro médio no plantio da cana-de-açúcar:

Erro médio (m) Linhas “AB” = 0,0925 (A)

Erro médio (m) Linhas Planejadas = 0,1075 (A)

Silva (2010) analisou o erro médio do sistema de piloto automático, medindo o espaçamento de linhas ao pé da planta e obteve o erro médio de 0,051 m. As informações de paralelismo foram retiradas a cada 5 metros de uma linha contínua da cana-planta, com 3 repetições e 100 medições por talhão.

Baio & Moratelli (2011), utilizando o mesmo modelo de plantadora PCP 6000, coletaram 1.837 pontos amostrais em um percurso reto, todos gravados pelo piloto automático, não sendo observadas atividades solares expressivas dentro do período de plantio, que poderiam afetar o sistema de direcionamento, determinaram um erro médio de 0,033 m.

Oliveira (2009) obteve seus valores de erro médio com percursos reto e em curva para a operação de sulcação e para o plantio da cana-de-açúcar, que foram respectivamente: 0,034 m e 0,059 m.

Menegatti et al. (2008) fizeram análises determinando o erro médio na sulcação para o plantio da cana-de-açúcar utilizando o piloto automático, em sua análise o erro médio encontrado foi de 0,024 m.

Silva (2010), Baio & Moratelli (2011), Oliveira (2009) e Menegatti et al. (2008) fizeram suas análises estatísticas utilizando o teste de Tukey com 5% de significância.

Esta alta disparidade de valores ocorreu, principalmente, devido à forma de coleta de dados. Baio & Moratelli (2011) e Oliveira (2009), coletaram seus dados diretamente do sistema de GPS do trator e, portanto, não houve a influência da forma da emergência das plântulas de cana, eliminando assim, uma grandiosa fonte de variação na medição do paralelismo entre linhas, como Silva (2010) também pôde constatar.

A avaliação da acurácia do piloto automático utilizando linhas “AB” e linhas planejadas no plantio da cana-de-açúcar, segundo Baio & Moratelli (2011) e Oliveira (2009) pode ser considerada a mais eficaz em relação à coleta dos dados. Neste trabalho não foi possível seguir a metodologia proposta pelos pesquisadores em questão, pois na empresa onde foram desenvolvidos os trabalhos, o processo produtivo é rápido e dinâmico, não havendo tempo ocioso para tal estudo em toda sua complexidade.

CONCLUSÕES

O método das linhas “AB” não difere estatisticamente do método das linhas planejadas, podendo ser substituída sem perda de acurácia no plantio dos toletes de cana-de-açúcar. Com isso, podem-se reduzir os custos com mão-de-obra para a confecção das linhas planejadas e, principalmente, diminuir o tempo gasto pela subtração deste trabalho no processo produtivo de uma usina sucroalcooleira, o que representa economia relativamente grande de tempo e de custos funcionários, uma vez que tratam-se de extensas áreas de plantio.

Sendo assim, o plantio com piloto automático pode ser realizado imediatamente após o georreferenciamento dos terraços e carregadores.

REFERÊNCIAS

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R. Ensaio comparativo da acurácia de um sistema de direcionamento via satélite e por cabo de aço na orientação de máquinas agrícolas. **Revista energia na agricultura**, Botucatu, v.23, n.3, p.60-73, 2008.

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, mar/abr., 2011.

BALESTREIRE, L. A. **O Estado da arte da agricultura de precisão no Brasil**. Piracicaba: Editora Esalq, 2000. 224p.

MAPA – Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>>. Acesso em: 18 de Abril 2013.

MENEGATTI, A. A.; DELGADO, S.; GARZELLA, T. C. Resultados do uso de piloto automático em cana-de-açúcar. **ALCOOLbrás**, São Paulo, editora: Valete, n.115, p.50-51, 2008.

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão, parte I: o que é e estado da arte em sensoriamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.2 p.97-107, 1997.

MOLIN, J. P.; POVH, F. P.; PAULA, V. R.; SALVI, J. V. Método de avaliação para direcionamento de veículos agrícolas e efeito de sinais GNSS. **Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.121-129, jan/fev., 2011.

NETO, A. F. D. **Aprimoramento de um mecanismo dosador de rebolos de cana-de-açúcar para o plantio mecanizado**. 2000. 115p. Dissertação (Mestrado) – UNICAMP, Campinas, 2000.

OLIVEIRA, T. C. A. **Estudo sobre o desempenho de sistemas de piloto automático em tratores**. 2009. 68p. Dissertação (Mestrado) - ESALQ/USP, Piracicaba, 2009.

PERIN, G. F. **Determinação da capacidade e eficiência operacional utilizando técnicas de agricultura de precisão**. 2008. 114p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SILVA, C. B.; MORAES, M. A. F. D.; MOLIN, J. P. Adoção e uso das tecnologias de agricultura de precisão na indústria de cana de São Paulo. **Agricultura de precisão**, v.12, n.1, p.67-81, 2011.

SILVA, F. C. S. **Avaliações para estudo de viabilidade de implantação de tecnologias de auto-direcionamento em operações mecanizadas em uma usina de cana-de-açúcar**. 2010. 36p. Monografia (Graduação em Agronomia) – ESALQ/USP, Piracicaba, 2010.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência rural**, v.32, n.1, 2002.

UNICA – união da indústria de cana-de-açúcar, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/faq/>>. Acesso em: 18 de Abril 2013.

Recebido para publicação em: 20/02/2014

Aceito para publicação em: 19/06/2014