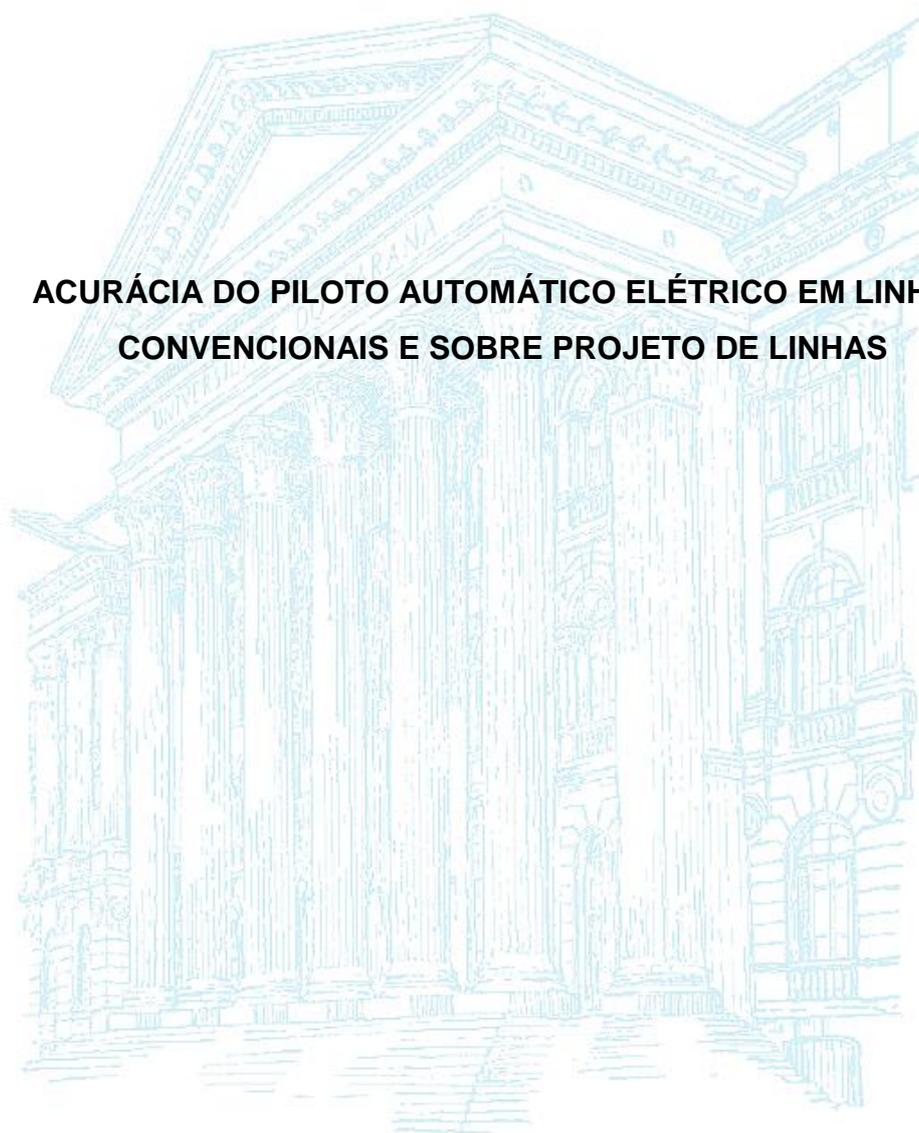


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**RUBENS HILLE SIQUEIRA**

**ACURÁCIA DO PILOTO AUTOMÁTICO ELÉTRICO EM LINHAS  
CONVENCIONAIS E SOBRE PROJETO DE LINHAS**



**CURITIBA**

**2017**

RUBENS HILLE SIQUEIRA



**ACURÁCIA DO PILOTO AUTOMÁTICO ELÉTRICO EM LINHAS  
CONVENCIONAIS E SOBRE PROJETO DE LINHAS**

Trabalho apresentado como requisito parcial para obtenção de Especialista em Gestão do Agronegócio, no curso de Pós-Graduação MBA em Gestão do Agronegócio. Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Weirich Neto  
Co-Orientador: Prof. MSc. Bruno César Gurski

CURITIBA

2017

*À minha mãe, meu irmão e minha namorada;  
À meu pai e à meus avós (in memoriam);  
Àqueles que compus uma parceria afetiva e profissional ao longo do tempo;*

*Dedico...*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela vida e por este momento tão especial dela. Pela oportunidade e pela luz em meu caminho, por guiar-me diante o conhecimento e minha evolução.

À minha família que sempre me deu apoio, suportou minha ausência e acreditou em minha dedicação.

Aos meus orientadores, pela contribuição com seu conhecimento e sugestões, por terem me indicado caminhos mais diretos e menos penosos para alcançar os objetivos a que me propunha.

A todos aqueles que percebendo minha dedicação e interesse, acreditaram e procuraram me ajudar de alguma forma na concretização deste trabalho, que, para não cometer injustiças, não escrevi o nome nesta folha de papel, mas que certamente estarão sempre em meu pensamento, em minha lembrança, sempre ocultos nas entrelinhas de outra escrita... a da minha própria vida...

## RESUMO

O piloto automático de máquinas agrícolas é um mecanismo elétrico ou hidráulico, orientado por constelação de satélites, que faz a gestão das trajetórias nas operações, guiando o trator automaticamente sobre a linha criada diretamente no monitor do piloto pelo operador (Método convencional) ou em softwares (Projeto de linhas). O objetivo deste trabalho foi comparar a acurácia de um piloto automático elétrico sobre linhas convencionais e sobre um projeto de linhas, para auxiliar o agricultor na tomada de decisão. Para tanto, realizou-se experimento na região dos Campos Gerais, PR, considerando três blocos e dois tratamentos, conforme metodologia de criação das linhas. O delineamento experimental tomou como amostras o espaçamento entre as linhas que foram riscadas em campo através de um peso tracionado pelo trator com piloto automático. Os dados foram tabulados e submetidos a análises de medidas de tendência central, dispersão e variância. Os resultados demonstraram que diante das medidas de dispersão, a metodologia projetada de criação de linhas foi mais exata, mas menos precisa que a forma convencional. Porém, estatisticamente não houve diferença significativa entre as duas metodologias no que se refere à acurácia, significando que o agricultor que possui piloto automático elétrico e sinal GPS autônomo não deve mudar a metodologia de trabalho convencional para projeto de linhas se o objetivo for aumentar a acurácia nos seus trajetos. De forma geral foram observadas as vantagens dos equipamentos de direcionamento agrícola como a exatidão nas trajetórias, o controle de tráfego, registro dos dados, gerenciamento e ferramentas para tomada de decisão em tempo real.

**Palavras-Chave:** Agricultura de precisão, GPS, GNSS, piloto automático, projeto de linhas.

## ABSTRACT

The autopilot of agricultural machines is an electric or hydraulic mechanism, oriented by a constellation of satellites, that manages the trajectories in the operations, guiding the tractor automatically on the line created directly in the monitor of the pilot by the operator (conventional method) or in softwares (Lines Project). The objective of this work was to compare the accuracy of an electric autopilot over conventional lines and a line design, which aims to assist the farmer in decision making. For this, an experiment was carried out in the Campos Gerais, PR, region, considering three blocks and two treatments, according to the methodology for creating the lines. The design took as samples the spacing between the lines that were crossed out in the field through a weight drawn by the tractor with autopilot. Data were tabulated and analyzed for central tendency, dispersion and variance. The results showed that in the case of dispersion measures, the projected line creation methodology was more accurate, but less precise than the conventional form. However, statistically there was no significant difference between the two methodologies with respect to accuracy, meaning that the farmer who owns automatic electric pilot and autonomous GPS signal should not change the conventional working methodology for line design if the objective is to increase the accuracy in their paths. In general, the advantages of agricultural guidance equipment such as track accuracy, traffic control, data logging, management and tools for real-time decision making were observed.

**Key words:** precision agriculture, GPS, GNSS, autopilot, line design.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	7
1.1. HIPÓTESE .....	8
1.2. OBJETIVO.....	8
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	9
2.1. PRECISÃO, EXATIDÃO E ACURÁCIA.....	9
2.2. SINAIS GNSS .....	10
2.3. INTERFERÊNCIAS NO SINAL GNSS .....	11
2.3.1. DILUIÇÃO DA PRECISÃO (DOP).....	12
2.4. BARRA DE LUZES .....	13
2.5. PILOTO AUTOMÁTICO .....	13
2.5.1. Agressividade.....	14
2.5.2. Arquivos de localização GNSS.....	14
2.6. CRIAÇÃO DA LINHA DE DIRECIONAMENTO.....	15
2.6.1. Gerenciamento em softwares.....	15
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	18
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	30
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	31

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2017), o agronegócio representa quase 23% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro. É previsto um crescimento do PIB do agronegócio de 2% devido a safra recorde de 217 milhões de toneladas (safra 2016/2017) contra 186 milhões no período anterior (Índice Indicador Brasil da Expedição Safra, 2017). Historicamente a cada safra a produtividade vem aumentando, o que demonstra a importância da agricultura, pois o setor agrícola se mantém como pilar da economia nacional.

Colaborando com este cenário, observa-se na mecanização agrícola o uso cada vez mais frequente de tecnologias para aumentar a acurácia das operações em campo, quer sejam na transmissão de informações, na distribuição de insumos, como no alinhamento dos trajetos em geral. Mais do que simplesmente conhecimento operacional, a agricultura de precisão é uma tendência que vem sendo refinada.

O piloto automático de máquinas agrícolas faz parte da tecnologia colaborativa para o sucesso do agronegócio. É um mecanismo elétrico ou hidráulico, orientado por constelação GNSS (Sistema de Navegação Global por Satélite), que faz a gestão das trajetórias nas operações, guiando o trator automaticamente sobre linhas de direcionamento. Esses trajetos podem ser tanto criados diretamente no monitor do piloto pelo operador (Método convencional) como em softwares (Método projetado), neste caso para depois serem transferidos ao monitor do piloto.

Independentemente do método, deseja-se aumentar a acurácia no paralelismo, reduzindo as falhas e/ ou sobreposições durante a trajetória das operações. Quando essa acurácia ainda não é suficiente para precisão desejada pela operação, os fabricantes (ou representantes) de piloto automático recomendam aos seus clientes adquirir um equipamento de direcionamento agrícola mais preciso, como por exemplo migrar de um sistema piloto automático elétrico para um hidráulico. Ou adquirir um sinal GNSS com maior precisão, pois há desde sinal autônomo (ou gratuito) com menor precisão, até sinal pago que permite melhor acurácia, bem como a utilização de bases e transmissões em RTK (Posicionamento em Tempo Real). Mas não se considera a possibilidade de manter-se o mesmo equipamento e/ ou o mesmo sinal, ao se criar um projeto de linhas em software de escritório como alternativa ao aumento da acurácia no direcionamento agrícola.

Considerando a competitividade de mercado do agronegócio, incluindo as tecnologias de agricultura de precisão onde o cliente (agricultor) de forma geral necessita de informações, este trabalho se justifica pela necessidade de alternativas para otimizar o uso das tecnologias que já se possui, antes de se cogitar novos investimentos.

Assim, esse trabalho procurou avaliar se o piloto automático elétrico utilizando o sinal GPS autônomo apresentou melhor acurácia quando engatado sobre linhas projetadas em software de escritório do que em linhas criadas convencionalmente pelo operador diretamente no monitor do trator.

### 1.1. HIPÓTESE

O agricultor que possui um piloto automático elétrico e sinal GPS autônomo, poderia utilizar como alternativa para aumentar a acurácia nos seus trajetos somente mudando a metodologia de trabalho convencional para linhas projetadas?

### 1.2. OBJETIVO

Comparar alternativa para aumentar a acurácia do piloto automático elétrico com sinal GPS autônomo que não seja a aquisição de um piloto automático hidráulico e nem de um sinal GNSS mais preciso.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. PRECISÃO, EXATIDÃO E ACURÁCIA

Para muitos efeitos e situações os termos precisão, exatidão e acurácia são extremamente próximos, onde a falta de clareza nas definições pode gerar uma interpretação errônea.

Precisão significa rigor no registro e na definição de um valor. Para Amorin (2004), precisão é o grau de refinamento com qual uma grandeza é medida, ou seja, é quando algo ou alguma grandeza é medida várias vezes e os resultados dessas medições estão próximos. Para Amaral & Molin (2015), o termo precisão relaciona-se com a variação do valor medido repetidamente sob as mesmas condições em torno do valor médio observado.

Exatidão é excelência absoluta, perfeição e pontualidade. Para Amaral & Molin (2015), exatidão é o quão próximo está o valor medido do valor real, assim as medidas podem ser precisas, todavia não exatas, mas só são consideradas exatas se forem precisas. A FIGURA 1 resume os conceitos de precisão e exatidão (MIRANDA, 2010):

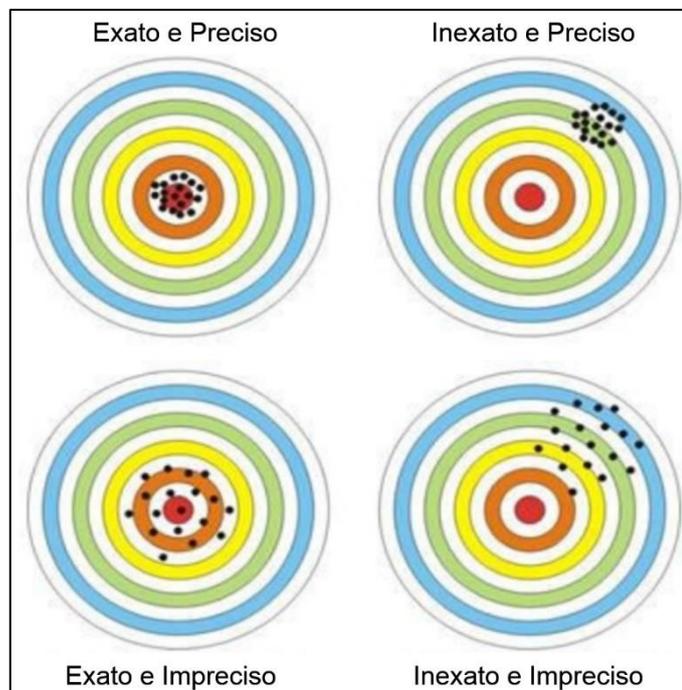


FIGURA 1 – Conceitos de Precisão e Exatidão  
FONTE: MIRANDA (2010)

Acurácia segundo Weber (1999), é o produto da medição de quanto o dado difere espacialmente do considerado como referência. Ou ainda, é a precisão e exatidão em uma medição, a proximidade entre o resultado alcançado de modo experimental e o real valor obtido por uma grandeza física. Enquanto para Balastreire & Rossi (1999) é definida simplesmente como ausência de erros.

## 2.2. SINAIS GNSS

Ao longo dos anos a humanidade vem desenvolvendo métodos e tecnologias para localização, trata-se de uma necessidade, onde seu aprimoramento culminou no GNSS “Global Navigation Satellite System”, em português “Sistema Global de Navegação por Satélites”.

O Sistema GNSS consiste resumidamente no conjunto de satélites que enviam ondas eletromagnéticas com informações moduladas em direção à Terra, proporcionando assim o posicionamento de equipamentos receptores na superfície terrestre.

GPS (Global Positioning System) é um GNSS composto por 24 satélites, distribuídos em seis planos orbitais onde em cada plano temos quatro satélites em órbita quase circular. Foi desenvolvido pelo departamento de defesa dos Estados Unidos devido a necessidade militar envolvida e mais tarde foi disponibilizado a população civil. Segundo Monico (2008), na concepção do sistema assumiu-se que quatro ou mais satélites, com posições conhecidas estivessem sempre disponíveis em qualquer lugar da Terra e a qualquer instante permitindo a determinação em tempo real da posição do usuário.

A fabricante Trimble® considera que o sinal pago chamado de RTX permite maior precisão para o grupo GPS, desconsiderando assim a necessidade de um grande investimento inicial em um sistema RTK.

O RTK (Real Time Kinematic) é um sistema com custo elevado, mas que corrige os erros de sinal, resultando em exatidão, ou seja, possui repetibilidade. A técnica de posicionamento RTK consiste numa estação de referência fixa que recebe sinal GNSS, provê correções instantâneas e envia para receptores móveis, cujos quais também captam sinal diretamente, assim, esta triangulação faz com que a precisão obtida nos receptores varie poucos centímetros.

### 2.3. INTERFERÊNCIAS NO SINAL GNSS

As fontes de erros de posicionamento podem ser agrupadas pelas suas origens em erros dos relógios dos satélites e do relógio receptor, pequenos desvios de órbitas dos satélites, refração causada pela interferência da ionosfera e da troposfera, reflexão de sinal, disponibilidade seletiva e geometria da distribuição dos satélites (MOLIN, 2015).

A exatidão do posicionamento dado pelo GNSS depende também da distribuição dos satélites que são visados pela antena do receptor. Para Molin (2015) uma boa geometria é definida por um grupo de satélites igualmente distribuídos acima do receptor, pois satélites muito próximos um dos outros geram uma má geometria influenciando na qualidade e exatidão do posicionamento.

E mesmo com tantas fontes de erro e interferências, ainda existe um problema intrínseco no sistema GNSS, onde conforme Gomes (2017) é fonte natural de erro o simples fato de se desejar fazer uma operação em área inclinada, pois o sinal trabalha com distância horizontal (DH) e não distância inclinada (DI), que conforme a FIGURA 2 ilustra, comporta maior superfície para desafio da mecanização agrícola e seus equipamentos de direcionamento.

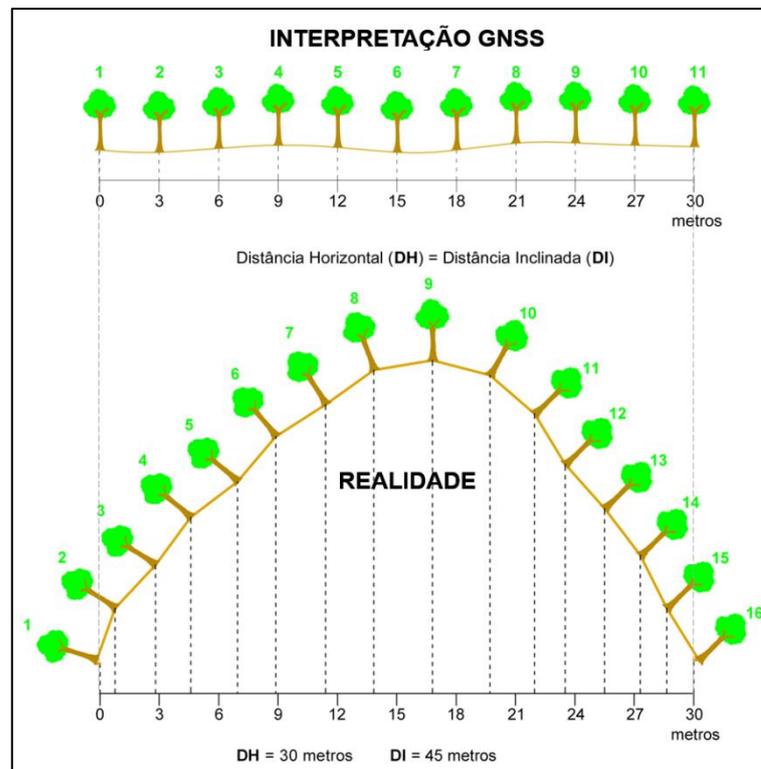


FIGURA 2 – Conotação de distância horizontal (DH) e distância inclinada (DI)  
 FONTE: Adaptado de GOMES (2017)

### 2.3.1. DILUIÇÃO DA PRECISÃO (DOP)

Além da disponibilidade dos satélites, também é preciso que eles estejam distribuídos de forma homogênea para haver uma boa cobertura de sinal, uma vez que a malha formada no espaço é importante para localização do receptor.

Devido a necessidade de saber sobre esta distribuição, foi desenvolvido uma ferramenta indicadora para realização de um levantamento topográfico ou operação agrícola com uso de equipamentos GNSS; ela é chamada de DOP, sigla em inglês para “Dilution of Precision”, denominado em português de Diluição da Precisão. Assim, os erros de distribuição geométrica recebem um nome ao serem estudados, conforme os fatores que os influenciam na precisão de posicionamento:

HDOP – usado para avaliar o posicionamento horizontal.

VDOP – usado para avaliar o posicionamento vertical.

PDOP – usado para avaliar o posicionamento tridimensional.

TDOP – usado para avaliar a determinação do tempo.

A forma comumente utilizada de DOP nos equipamentos agrícolas é o HDOP, onde quanto maior o espaçamento dos satélites entre si, menor será o fator HDOP e melhor será a precisão. Observa-se este indicador na Barra de Luz ou monitor controlador de piloto automático, assim como em equipamentos portáteis. Abaixo parâmetros para sua classificação (PERSON apud SILVEIRA, J., 2008):

TABELA 1 – Parâmetros de classificação do DOP

DOP	Categoria	Descrição
1	Ideal	Este é o maior nível possível de confiança a ser usado para aplicações que demandam sempre a maior precisão possível.
2-3	Excelente	Neste nível, as medições de posição são consideradas suficientemente precisas
4-6	Bom	Representa um nível mínimo adequado. Medições de posição podem ser usadas para fazer rotas de navegação confiáveis.
7-8	Moderado	Medições de posição podem ser usadas para cálculos, mas a qualidade fixa pode ainda ser melhorada. Uma visão mais aberta do céu é recomendada.
9-20	Restrito	Representa um nível de confiança baixo. Medições devem ser descartadas ou utilizadas apenas para estimar posição.
21-50	Pobre	Neste nível, medição são imprecisas por pelo menos mais de um campo de futebol e devem ser descartadas.

FONTE: PERSON APUD SILVEIRA, J. (2008)

## 2.4. BARRA DE LUZES

Um dos maiores impulsos na agricultura de precisão foi o surgimento e liberação dos sinais GNSS. De acordo com o Ministério da Agricultura Brasileiro os primeiros sinais de GNSS utilizados na agricultura foram na aviação agrícola, seguido dos primeiros usos terrestres, ambos através de Barra de Luz.

O nome Barra de Luz provém de uma fileira de LEDs em um painel conectado à um receptor GPS, que acendem à medida que o veículo se afasta da linha de referência, indicando ao operador necessidade de correção (MOLIN, 2015).

## 2.5. PILOTO AUTOMÁTICO

A evolução da Barra de Luz conceitua o piloto automático, que também utiliza sinal de satélites para corrigir o direcionamento do veículo automaticamente sobre uma linha de referência, através de atuadores elétricos ou hidráulicos.

Quando este atuador de direção é elétrico, o sistema é simplificado para atuar diretamente no volante ou na coluna de direção. Já quando é hidráulico, possui mais componentes e atua diretamente nos cilindros da direção. (MOLIN, 2015).

As manobras de final de linha, ou mudanças de direção emergenciais, são feitas manualmente, bastando o operador retomar o controle do volante para o sistema desligar automaticamente (OLIVEIRA & MOLIN, 2011).

Em estudo sobre o piloto automático no plantio da cana-de-açúcar, ofereceu uma acurácia cinco vezes maior em relação ao direcionamento manual, porém não melhorou a eficiência operacional do conjunto mecanizado na operação de plantio devido ao sistema de colheita (Baio et al., 2011). Observação semelhante também por outros autores; os benefícios de maior acurácia com a utilização do piloto automático não justificam a adoção desta tecnologia, se o sinal for RTK (Oliveira e Molin, 2011).

Já em avaliações de campo sobre o uso do piloto automático em pulverização, Fernandes (2013) observou economia em longo prazo devido ao menor tempo de operação e conseqüente redução no gasto com combustível. Segundo este autor, o retorno do investimento do piloto automático aumenta com seu uso em diferentes práticas de campo, como no preparo do solo, gradagem, subsolagem e nivelamento da área e plantio.

De acordo com a cultura, relevo, formato da área e as diversas atividades do produtor rural em sua propriedade é que se deve avaliar a importância do uso do piloto automático, sobretudo seus benefícios de sua utilização.

Conforme Bernardi e Inamasu (2014) é fato que existe a percepção positiva da agricultura de precisão, sobretudo na utilização dos sistemas de direcionamento, porém ainda continuam sendo subutilizados devido o baixo nível operacional.

### 2.5.1. Agressividade

A agressividade é o controle automático de correção dos desvios do sistema diante a linha de orientação. É configurável para controlar a frequência das correções quanto mais rápido seja necessário conforme o deslocamento. (GUIA DO USUÁRIO TRIMBLE, 2010).

### 2.5.2. Arquivos de localização GNSS

Todo equipamento guiado por sinal GNSS para fim de direcionamento agrícola, quer seja uma simples Barra de Luz ou um sistema Piloto Automático, deve contemplar a geração de três arquivos de localização, conforme FIGURA 3:



FIGURA 3 – Arquivos de localização GNSS  
FONTE: O autor (2017)

## 2.6. CRIAÇÃO DA LINHA DE DIRECIONAMENTO

O funcionamento de uma Barra de Luz ou de um Piloto Automático tem por objetivo a correção do veículo agrícola sobre uma linha de referência (também chamada de linha AB), que pode ser de diferentes formatos quanto a sua trajetória (reta, curva, circular ou mista), mas sempre e visando um direcionamento preciso.

O operador pode criar a linha de referência diretamente no monitor (Convencional) ou carregar um projeto feito em software no computador (Projetado).

No método convencional, o operador define o formato da linha de referência, o espaçamento entre as linhas conforme a largura do implemento e demarca o trajeto inicial no monitor do trator em campo. Para tanto, se for uma reta marcará o ponto inicial (A) e final (B) posicionando o trator nestes locais, então o sistema ligará os dois pontos formando uma trajetória retilínea perfeita; já se for uma curva, deverá efetuar a primeira trajetória completa para gravação, neste caso formada por vários pontos. Em ambas situações, as linhas paralelas à linha de referência aparecerão automaticamente no monitor quando efetuada a manobra de retorno (MOLIN, 2015).

No método projetado, utiliza-se software para criar todas as linhas de referência e depois carregar no monitor através de dispositivo de memória.

### 2.6.1. Gerenciamento em softwares

Agricultores de sucesso gerenciam detalhes de suas operações agrícolas no campo, isso é fato desde simples anotações em folha de papel, passando por mapas escalonados até softwares de gerenciamento avançados (FIGURA 4).

Embora essa estratégia não reduza o papel do gestor, pelo contrário, devido a realidade da agricultura brasileira estar em expansão para uma mecanização agrícola com equipamentos cada vez maiores, os softwares de gerenciamento sustentam o sucesso do gestor por armazenar dados, gerenciar trajetos e apresentar resultados, permitindo a tomada de decisão pelo gestor cada vez mais em supressão aos operadores, dada carência e dificuldade com a mão de obra.

As principais ferramentas que um software gerenciador deve oferecer à um agricultor, de maneira geral são:

Planejamento de insumos e orçamentação geral, gerenciamento de registros de campo, planejamento de fertilidade, planejamento das operações agrícolas (do

plântio à colheita) incluindo controle de tráfego, prescrições de precisão, planejamento de colheita e rastreabilidade, geração de relatórios e indicadores para tomada de decisão, incluindo comparativos gráficos com registros armazenados.

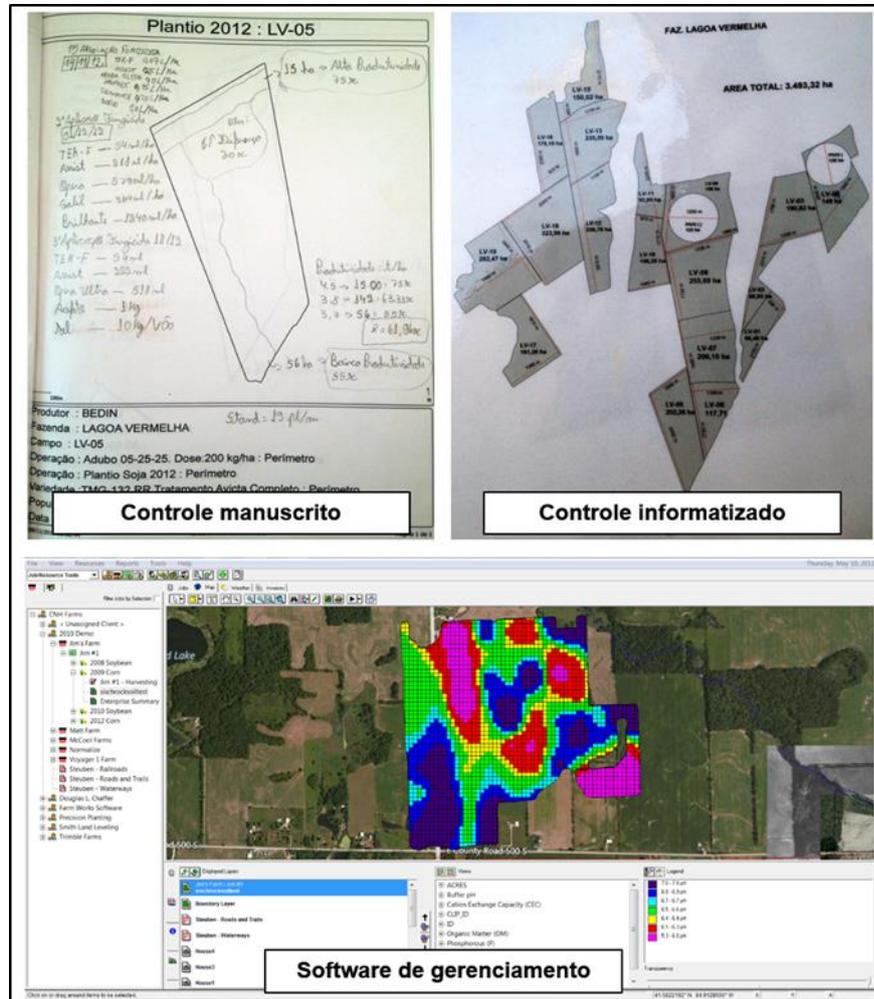


FIGURA 4 – Evolução do gerenciamento nas propriedades agrícolas  
FONTE: O autor (2017)

Já especificamente para gerenciamento da mecanização agrícola moderna, incluindo sistemas de direcionamento agrícola, é preciso um software que seja ao mesmo tempo simples para atender ao produtor brasileiro e que contemple as ferramentas necessárias para interação com as máquinas, sendo:

- Importação e exportação de dados entre vários dispositivos;
- Gerenciamento e organização de dados;
- Visualização e edição das informações;

Com relação ao piloto automático, um software precisa oferecer ferramentas para criar linhas de orientação AB, encaixar imagens de satélite como plano de fundo, gerenciar projetos de linhas, correlacionar trajetos para controle de tráfego e exportar/importar para uma ampla gama de dispositivos (pois há diversidade entre os fabricantes) e emitir relatórios analíticos (FIGURA 5).

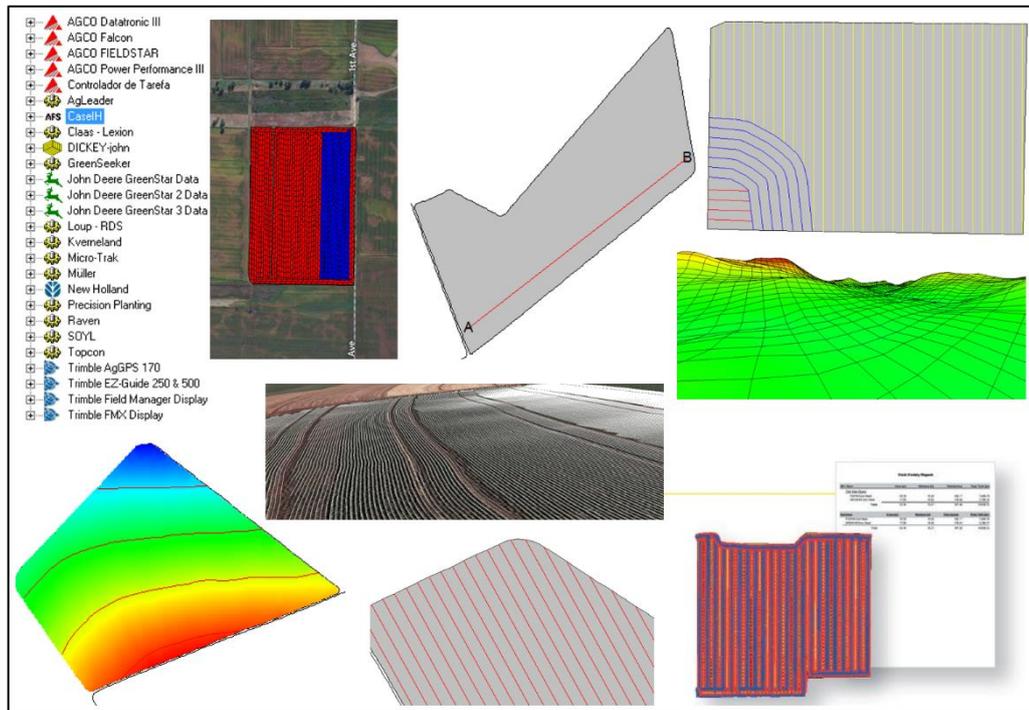


FIGURA 5 – Elementos comuns em software gerenciador de piloto automático  
 FONTE: O autor (2017)

Um estudo realizado por Bernardi e Inamasu (2014) nas principais regiões agrícolas brasileiras avaliou a adoção, uso e características das tecnologias de AP (Agricultura de precisão) por produtores e os resultados indicaram como principais conclusões:

- Existe a percepção de que a adoção da AP pode aumentar a produtividade, o retorno econômico, a qualidade do produto e reduzir o impacto ambiental.
- O perfil disposto à estas tecnologias é jovem, instruído, propenso a utilizar mais tecnologias e informática e cultivam grandes extensões de terras.
- As principais fontes de informação para os produtores são os técnicos, cursos, treinamentos, feiras e exposições agropecuárias.
- Os equipamentos mais frequentes nas propriedades são os sistemas de navegação (Barra de Luz e Piloto Automático), porém são subutilizados.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em abril de 2017 na Fazenda Casa Branca (24°57'30"S, 50°16'00"W e 950 m de altitude), localizada na Estrada de Bocaina, no município de Ponta Grossa-PR.

O sistema de direcionamento utilizado foi uma Barra de Luz (monitor controlador) modelo Trimble® FM750, com sinal GPS autônomo (ou gratuito), conectada em piloto automático elétrico modelo Trimble® EzSteer (FIGURA 6).



FIGURA 6 – Barra de luz FM750 (acima) e piloto automático elétrico EzSteer (abaixo)  
FONTE: O autor (2017)

No tratamento convencional, a linha de referência (também chamada de linha AB) foi criada diretamente na Barra de Luz no momento da execução, onde posicionou-se o trator no ponto A (início da linha) e depois no ponto B (final da linha). Neste caso o sistema liga os dois pontos e cria automaticamente a linha AB em reta, a qual será o padrão de referência para as linhas seguintes, pois as paralelas aparecem automaticamente na tela quando da manobra de retorno (MOLIN, 2015).

Já para o tratamento projetado, utilizou-se o software chamado AFS Software® da Case IH (FIGURA 7), onde o projeto de linhas foi elaborado no escritório

sobre imagem de fundo (Google®) da propriedade e depois carregado no monitor Barra de Luz através de dispositivo de memória. Neste caso, todas as linhas são linhas de referência AB engatáveis.



FIGURA 7 – AFS software® Case IH  
 FONTE: AFS Software® Case IH (2017)

Em adaptação à norma ISO 12188-2:2012 (ISO, 2012), foram selecionadas três áreas com dimensões aproximadas de 100 m x 120 m e nomeadas conforme o talhão da propriedade. Cada área caracterizou-se como um bloco e foi dividida ao meio, onde de um lado os trajetos do piloto automático foram realizados conforme tratamento convencional e do outro projetado (FIGURA 8).

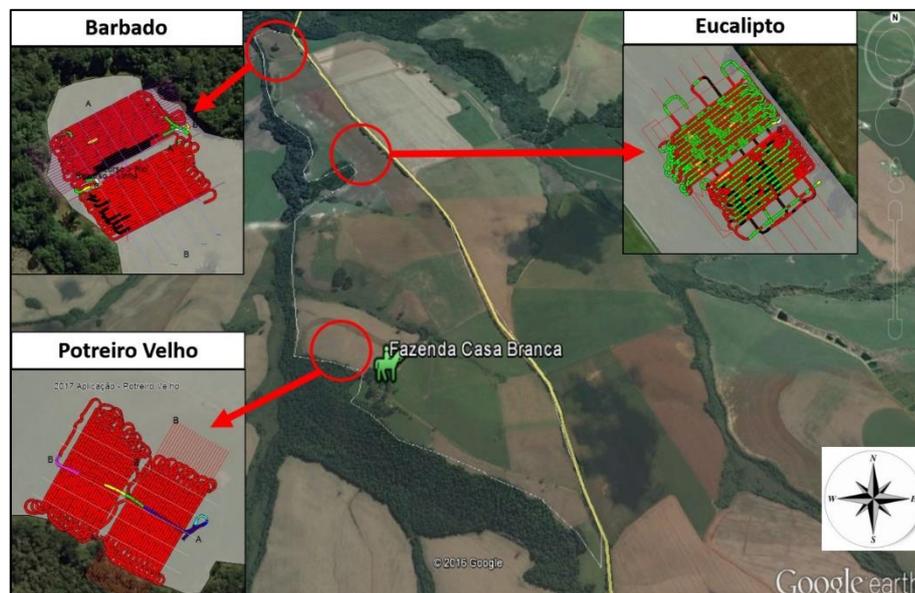


FIGURA 8 – Caracterização dos blocos e tratamentos  
 FONTE: O autor (2017), adaptado de Google® (2017)

Cada tratamento foi composto por 21 linhas (ou passadas), com 100 m de comprimento e espaçadas em 3 m, formando então 20 entrelinhas, cujo paralelismo é a eficiência do tratamento.

Dos 100 m lineares percorridos, utilizou-se 80 m centrais para análise, deixando em cada borda de 10 m um espaço para manobra e alinhamento do trator antes do piloto automático ser ativado. Para isso também foram traçadas algumas linhas transversais como referência.

Quando o sistema piloto automático é ativado/ engatado sobre uma nova linha, quer criada convencionalmente ou de forma projetada, o sistema gera camada chamada de coverage, que pode ser vista na tela do monitor no trator e em software. O coverage é a cobertura do terreno, como prova técnica da passagem do piloto automático, contemplando a largura do implemento programado e o espaçamento entre as coletas de dados pelo sinal GNSS utilizado, daí o seu formato aproximado de retângulos (FIGURA 9). Durante a execução do experimento, esta camada serviu de orientação na tela do operador (FIGURA 10).

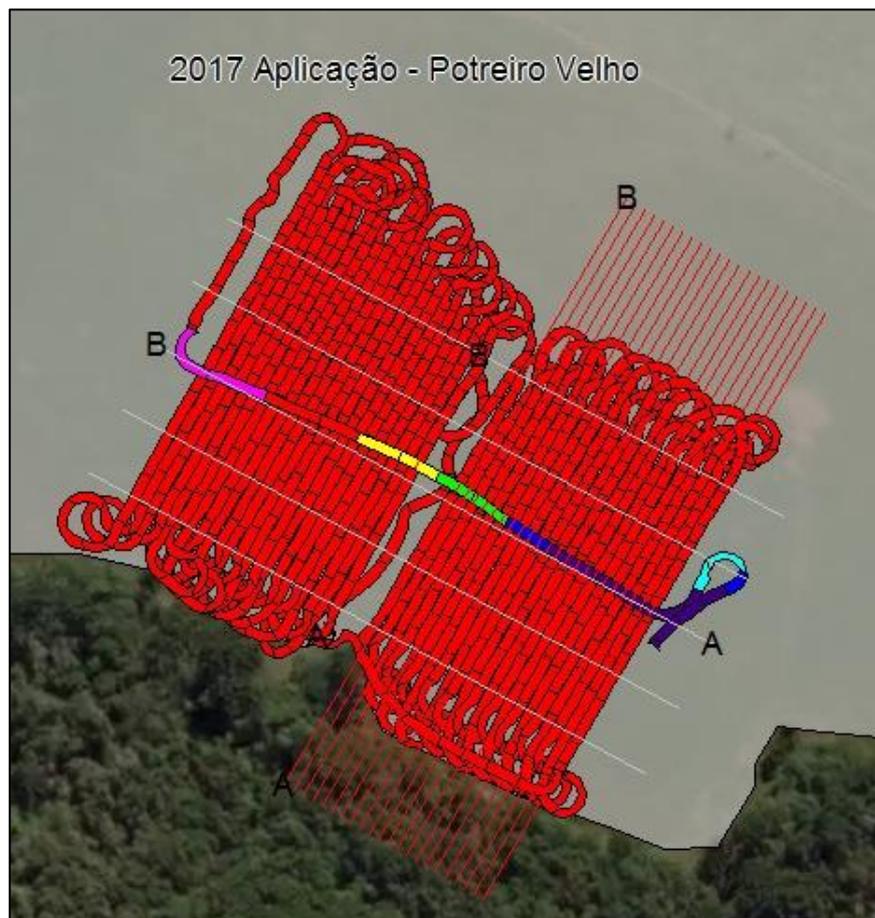


FIGURA 9 – Tratamento convencional (esquerda), projetado (direita) e camada coverage (vermelho)  
FONTE: O autor (2017)



FIGURA 10 – Camada coverage na barra de luz como referência ao trajeto  
FONTE: O autor (2017)

Para traçar cada linha no campo experimental foi utilizado um trator New Holland TS6020, em terceira marcha simples, o que no escalonamento corresponde à  $6 \text{ km h}^{-1}$ . Uma corrente de 2,5 m foi utilizada para ligar a barra de tração à um pino de aproximadamente 1,2 kg que foi utilizado como riscador (FIGURA 11).



FIGURA 11 – Pino de arraste utilizado para riscar o solo  
FONTE: O autor (2017)

A amostra caracterizou-se pela medida da distância das entrelinhas, utilizando-se trena convencional e efetuando-se a leitura em centímetros.

Para cada entrelinha, foram coletadas 20 amostras ao acaso, efetuando-se caminhamento nos 80 m delimitados e assim totalizando 400 amostras por tratamento em cada bloco (FIGURA 12).



FIGURA 12 – Caracterização da amostra  
 FONTE: O autor (2017)

Na TABELA 2 está um resumo do delineamento experimental, caracterizando blocos, tratamentos e amostras:

TABELA 2 – Resumo da caracterização de blocos, tratamentos e amostras

Blocos	Trat.	Sigla	Data	Total (m)	Útil (m)	Linha	Entrelinha	Amostra	Total
B1	C	PC	13/04/17	100	80	21	20	20	400
Potreiro Velho	P	PP	13/04/17	100	80	21	20	20	400
B2	C	BC	21/04/17	100	80	21	20	20	400
Barbado	P	BP	21/04/17	100	80	21	20	20	400
B3	C	EC	14/04/17	100	80	21	20	20	400
Eucalipto	P	EP	14/04/17	100	80	21	20	20	400

**Total de amostras coletadas: 2400**

**Legenda:**

Bloco Áreas dos experimentos: Potreiro Velho (P), Barbado (B) e Eucalipto (E).  
 Trat. Metodologia de criação da linha do piloto automático, Convencional (C) ou Projetada (P).

Data	Da realização do experimento de campo.
Total (m)	Comprimento total da linha de direcionamento do piloto automático.
Útil (m)	Desconsiderando 10m em cada ponta para não ter influência da manobra.
Linhas	O total de linhas, geradas se convencional ou estabelecidas se projetada.
Entrelinha	Distância entre duas linhas.
Amostra	Medida da distância entre duas linhas.
Total	Número de amostras por tratamento, ou seja, 20 amostras em 20 entrelinhas.

As amostras coletadas foram tabuladas em planilha eletrônica Microsoft Excel® e organizadas em médias (TABELA 3).

TABELA 3 – Organização dos dados em médias.

<b>Blocos</b>	<b>PC</b>	<b>BC</b>	<b>EC</b>	<b>PP</b>	<b>BP</b>	<b>EP</b>
ML1	304,55	345,20	273,00	346,30	255,55	386,30
ML2	280,10	254,60	341,30	298,10	354,90	269,90
ML3	325,45	360,05	264,70	319,20	256,65	333,65
ML4	279,20	253,45	333,95	263,60	342,25	277,30
ML5	326,00	343,70	271,85	335,95	264,50	335,10
ML6	276,35	255,85	336,00	268,70	342,75	260,05
ML7	309,90	361,90	263,30	325,60	260,05	341,00
ML8	292,00	253,95	332,50	261,95	348,15	264,20
ML9	316,40	345,30	278,30	330,30	236,30	343,85
ML10	262,20	248,10	335,50	270,15	343,20	282,40
ML11	346,15	353,15	266,55	354,40	262,60	317,50
ML12	266,30	256,60	337,45	268,45	347,80	269,20
ML13	311,60	359,50	269,50	328,65	244,95	324,10
ML14	277,90	253,85	328,80	255,90	358,65	246,25
ML15	358,40	361,55	269,25	330,80	255,80	360,60
ML16	255,05	253,40	330,95	208,40	370,30	246,80
ML17	341,30	350,75	278,70	322,45	237,85	360,20
ML18	265,70	249,35	326,50	279,85	357,30	247,80
ML19	336,25	356,90	280,80	334,40	241,15	365,40
ML20	266,70	245,95	337,20	272,50	351,35	254,95
MTTB	299,88	303,16	302,81	298,78	301,60	304,33

#### Legenda

PC	Tratamento Convencional no Bloco Potreiro Velho (cm)
PP	Tratamento Projetado no Bloco Potreiro Velho (cm)
BC	Tratamento Convencional no Bloco Barbado (cm)
BP	Tratamento Projetado no Bloco Barbado (cm)

EC	Tratamento Convencional no Bloco Eucalipto (cm)
EP	Tratamento Projetado no Bloco Eucalipto (cm)
ML	Média por Linha: a média das 20 amostras (cm)
MTTB	Média Total por Tratamento em cada Bloco (cm)

Os dados foram analisados com relação aos seguintes aspectos:

- a) Medidas de tendência central;
- b) Medidas de dispersão;
- c) Percentil;
- d) Histograma;
- e) Análise de variância.

Para tanto foram organizados na forma de tabelas e gráficos, utilizando-se da planilha Microsoft Excel® e do Software Sasm-Agri®.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de coleta de dados não se observou distribuição irregular expressiva dos satélites que pudessem implicar em distorção ou interferência na qualidade do sinal, sobretudo quando observado o HDOP do “Estado GPS” no monitor do piloto automático durante as avaliações, onde ficaram todos entre 1 e 2 (ideal).

As medidas de tendência central são indicadores iniciais e permitem uma primeira observação, ou mesmo um resumo, do modo como se distribuem os dados (TABELA 4).

TABELA 4 – Estatística descritiva dos tratamentos

<b>Medidas</b>	<b>Unidade</b>	<b>Convencional</b>	<b>Projetado</b>	<b>Diferença</b>
<b>Amostra</b>	-	1.200,00	1.200,00	0,00
<b>Mínimo</b>	cm	206,00	185,00	21,00
<b>Máximo</b>	cm	390,00	440,00	-50,00
<b>Amplitude</b>	cm	184,00	255,00	-71,00
<b>Moda</b>	cm	270,00	260,00	10,00
<b>Mediana</b>	cm	297,50	301,50	-4,00
<b>Soma</b>	cm	362.334,00	361.885,00	449,00
<b>Média</b>	cm	301,95	301,57	0,37
<b>Variância</b>	-	1.711,67	2.262,69	-551,02
<b>Des. Padrão</b>	cm	41,37	47,57	-6,20
<b>Coefficiente Variação</b>	%	13,70%	15,77%	-0,02

Para cada tratamento equiparou-se o número de amostras em 1.200. Observou-se os extremos das amostras no tratamento projetado, onde alcançou amplitude de 255 cm. Esse fato leva à reflexão do tamanho do campo de variação, neste caso caracterizado como falha, que em algum momento ocorreu no direcionamento agrícola.

A moda foi mais exata para o tratamento convencional, repetindo-se o valor de 270 cm, em detrimento dos 260 cm observados para o projetado.

A mediana dos dados convencionais é representada pelo valor de 297,50 cm, enquanto para os dados projetados é de 301,50 cm. Assim conclui-se que no tratamento projetado a mediana e a média aritmética (301,57 cm) estiveram mais próximas, a diferença é de apenas 0,07 cm. A média para o tratamento convencional foi de 301,95 cm (diferença de 4,44 cm para com sua mediana).

A dispersão é sinônimo de variação ou variabilidade, mostra o quão dispersa é uma distribuição amostral e mede o seu grau de variabilidade. Assim a variância revela esta dispersão dos dados variáveis em relação à média, apontando uma tendência maior nesse sentido para o sistema projetado. Já o desvio padrão indica a distância dos dados em relação à média, assumindo valores absolutos e portanto quanto maior, maior a dispersão dos dados. Note-se que essa medida também foi maior para o sistema projetado. Contudo, o coeficiente de variação confirma o mesmo resultado ao indicar a porcentagem de dispersão em relação à média de 15,77% para o tratamento projetado, superando o convencional que se dispersou apenas 13,70%.

Embora não seja de tendência central, nem de dispersão, a soma das amostras não dispensa observação em atenção ao significado de exatidão e precisão. Em teoria esta soma seria 360.000 cm, correspondente à 1.200 amostras espaçadas a cada 300 cm. No entanto o valor revelou 362.334 cm para tratamento convencional e 361.885 cm para projetado. Correlacionando este fato com o resultado da dispersão pode-se afirmar que o tratamento projetado foi mais exato, porém mais impreciso.

Percentil trata-se de uma medida estatística que reflete em que posição uma amostra se encontra em relação à distribuição da população. Assim, pode-se afirmar (FIGURA 13) que uma amostra hipotética considerada ideal como a medida 300 cm encontra-se no percentil 50 no tratamento convencional, pois o valor está entre o P50 e P60, ou seja, está inclusa nesta porcentagem da população, entre 50% e 60%. Já para o tratamento projetado, observa-se que a mesma amostra estaria entre o P40 e o P50. Essa percepção denota pequena inclinação das amostras com medidas maiores estarem no tratamento projetado.

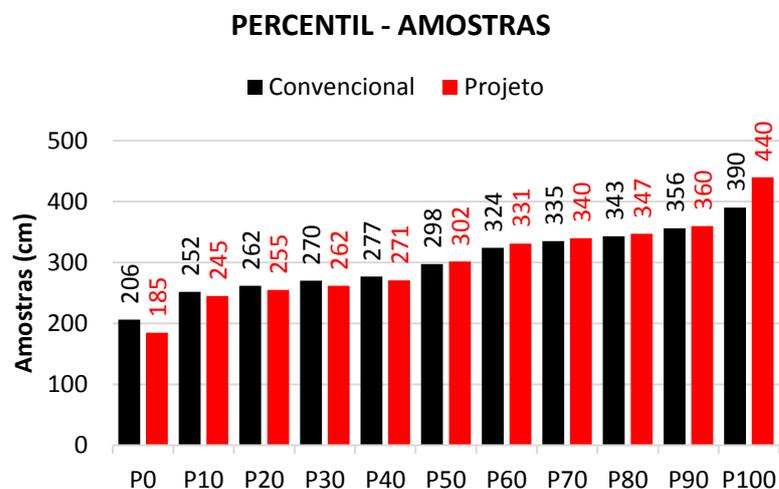


FIGURA 13 – Distribuição da amostra em percentil P=10  
 FONTE: O autor (2017)

O Histograma (FIGURA 14) visa representar os valores escalonados e foram ajustados em combinação com a Distribuição Normal (ou Distribuição Gaussiana) que serviu para referencial a normalidade das amostras coletadas e também para ser usada como limite do número destas distribuições com finalidade comparativa.

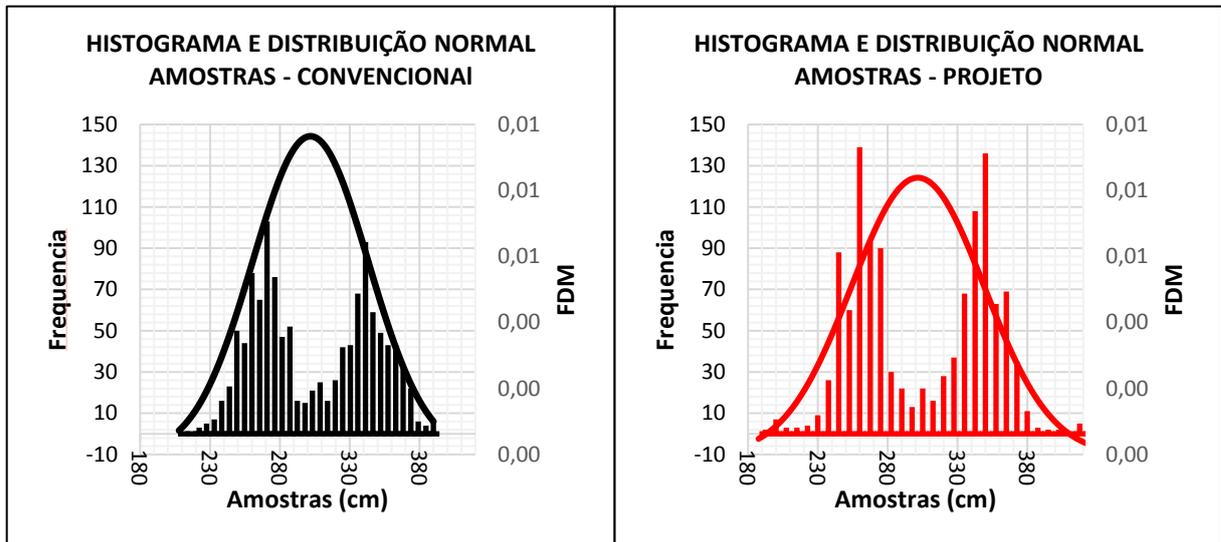


FIGURA 14 – Histograma das amostras  
 FONTE: O autor (2017)

O tratamento convencional (esquerda) e projetado (direita) apresentaram comportamentos semelhantes (FIGURA 13). O Histograma revelou que a maioria das amostras não incidem diretamente sobre o alvo (300 cm), mas concentrando-se às margens dele, o que é característica da Agressividade do piloto automático que efetua correções na trajetória de forma à sempre buscar a linha guia AB.

Contudo, essa oscilação é a prova técnica do movimento de Agressividade necessário para as correções ao longo da trajetória, mantendo-se o paralelismo. Igualmente observado quanto ao paralelismo no plantio de cana-de-açúcar (Almeida Júnior et al., 2015).

A análise de variância (ANOVA) permite avaliar hipóteses sobre as médias dos tratamentos. Seu objetivo foi verificar a existência de diferença significativa entre as médias e se os fatores exercem influência em alguma variável. Foram utilizados os softwares Sasm-Agri® e Microsoft Excel®, com nível de confiança de 95% e 99% pelo teste de F. A análise de variância contemplou com ou sem testemunha (TABELA 5).

TABELA 5 – Análise de variância dos tratamentos

<b>MÉDIAS SEM TESTEMUNHA</b>						
Número de tratamentos	2	Número de blocos			3	
Delineamento	DBC					
Tratamento	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Média		
Convencional	299,88	303,16	302,81	301,95		
Projetado	298,78	301,60	304,33	301,57		
<b>ANOVA</b>						
Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)	F (1%)
Blocos	2	19,13	9,57	6,93	19,00	99,01 <b>H0</b>
Tratamentos	1	0,22	0,22	0,16	18,51	98,50 <b>H0</b>
Resíduo	2	2,76	1,38			
Total	5	22,11				
C.V. (%)	0,39					
<b>MÉDIAS COM TESTEMUNHA</b>						
Número de tratamentos	3	Número de blocos			3	
Delineamento	DBC					
Tratamento	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Média		
Testemunha	300,00	300,00	300,00	300,00		
Convencional	299,88	303,16	302,81	301,95		
Projetada	298,78	301,6	304,33	301,57		
<b>ANOVA</b>						
Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)	F (1%)
Blocos	2	12,75	6,38	2,79	6,94	18,00 <b>H0</b>
Tratamentos	2	6,41	3,21	1,40	6,94	18,00 <b>H0</b>
Resíduo	4	9,14	2,28			
Total	8	28,30				
C.V. (%)	0,50					
<b>TESTES DE SEPARAÇÃO DE MÉDIAS</b>						

Não aplicado porque ANOVA apresentou hipótese da nulidade.

Os tratamentos convencional e projetado apresentaram comportamento semelhantes, conforme a TABELA 5, sem apresentar diferença significativa entre eles, com a média observada para o tratamento convencional de 301,95 cm e projetado com 301,57 cm.

O F apresentou valor maior quando não considerado a testemunha, ou seja, neste caso houve maior probabilidade de diferença ente os tratamentos aplicados.

A ANOVA com níveis de confiança de 95% e 99% pelo teste de F apresentou resultado  $H^0$ , ou seja, hipótese nula ou não significativa para separação das médias, considerando ou não a testemunha. Sendo assim, testes de separação de médias foram dispensados neste trabalho.

Em avaliação na cultura de cana de açúcar, o método convencional das linhas “AB” também não diferiu estatisticamente do método das linhas planejadas mesmo com sistema de correção de posicionamento RTK (Chicatti et al., 2014).

Neste sentido, os fabricantes e representantes de piloto automático e tecnologia GNSS estão orientando os agricultores de maneira correta ao recomendar a substituição por um piloto hidráulico e/ ou sinal com melhor precisão para aumentar a acurácia.

Contudo, as vantagens dos equipamentos de direcionamento agrícola (Barra de Luz e Piloto Automático) foram observadas, como a exatidão nas trajetórias, o controle de tráfego, registro dos dados, gerenciamento e ferramentas para tomada de decisão em tempo real.

## **5. CONCLUSÕES**

O agricultor que possui piloto automático elétrico e sinal GPS autônomo não deve mudar a metodologia de trabalho convencional para projeto de linhas se o objetivo for aumentar a acurácia nos seus trajetos, pois não houve diferença significativa entre as duas metodologias no que se refere à acurácia.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JÚNIOR, J. J.; PEROZINI, A. C.; THOMAS, P. C. Utilização do piloto automático no plantio mecanizado da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), Alto Taquari-MT. **Nucleus**, v.12, n. 2, 2015.
- AMORIM, G, P. **Confiabilidade de rede GPS de referência cadastral municipal**, Estudo de caso: Rede do Município de Vitória (ES). 2004.
- 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*, v.31, p.367-375, 2011.
- BALASTREIRE, Luiz Antônio; ROSSI, Fabrício. **Agricultura de precisão**. Manual nº 206. Viçosa: UFV. 1999.
- BERNARDI, A. C. C; INAMASU, R. Y. **Adoção da agricultura de precisão no Brasil**. Brasília: Embrapa, p. 559-577, 2014.
- CHICATI, M. L.; HASHIMOTO, R. T.; MÔNICA SACIOTO, M. Avaliação da acurácia do piloto automático utilizando linhas “ab” e linhas planejadas no plantio da cana-de-açúcar. **Journal of Agronomic Sciences**, v.3, n.1, p.71-78, 2014.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **Na contramão da crise, agronegócios deve puxar PIB brasileiro**. Disponível em: <<http://www.cnabrazil.org.br/noticias/na-contramao-da-crise-agronegocios-deve-puxar-pib-brasileiro>>. Acesso em 12 de setembro de 2017.
- CORDESSES, L.; CARIOU, C. & BERDUCAT, M. Combine harvester control using real time kinematic GPS. **Precision Agriculture**, v. 2, p. 147-161, 2000.
- EMBRAPA, **Agricultura de precisão em sistemas agrícolas**. Simpósio Embrapa. Disponível em: <[http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio\\_pc210/projeto/palestras/capitulo\\_35.pdf](http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio_pc210/projeto/palestras/capitulo_35.pdf)>. Acesso em: 20 de junho de 2017.
- ERSON, J. **Mastering GPS Programming**. In: SILVEIRA, G. Influência da geometria dos satélites na precisão das coordenadas geodésicas obtidas com o sistema GPS. Dissertação de Mestrado. 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-28042009-171231/publico/Silveira2008.pdf>> Acesso em: 22 de julho de 2017.
- EXPEDIÇÃO SAFRA, 2016/2017. **Brasil vai colher 217 milhões de toneladas, aponta Expedição Safra**. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/agronegocio/expedicoes/expedicao-safra/2016-2017/brasil-vai-colher-217-milhoes-de-toneladas-aponta-expedicao-safra-4z5wc5kxxxb6qaimiy8edrsbo>>. Acesso em 12 de setembro de 2017.

FERNANDES, F. **Análise comparativa de sistemas de direcionamento na operação de pulverização terrestre**. Dissertação de Mestrado, Santa Maria, 2013.

GOMES, L. N. **Curso GPS e Autocad**. Palestra proferida no Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina, Londrina- PR, 05 mai. 2017.

ISO 12188-2:2012. **Tractors and machinery for agriculture and forestry — Test procedures for positioning and guidance systems in agriculture — Part 2: Testing of satellite-based auto-guidance systems during straight and level travel**. 2012. Disponível em <<https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:12188:-2:ed-1:v1:en>> Acesso em: 21 de julho de 2017.

LAGO, I.F; FERREIRA, L, D.D; KRUEGER, C.P. **GPS e GLONASS, aspectos teóricos e aplicações práticas**. Curitiba: Boletim de Ciências Geodésicas. 2002.

MENDONÇA, M.A.M. **Investigação da Cintilação Ionosférica no Brasil e seus efeitos no posicionamento por GNSS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Cartográficas) – Universidade Estadual Paulista – 2013. Disponível em: <[http://www2.fct.unesp.br/pos/cartografia/docs/teses/d\\_mendonca\\_mam.pdf](http://www2.fct.unesp.br/pos/cartografia/docs/teses/d_mendonca_mam.pdf)> Acesso em: 23 de junho de 2017.

MIRANDA, J.I. **Avaliação da acurácia de um GPS de dupla frequência para implantação de um ponto de apoio imediato (P2) ao georreferenciamento**. 2010. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/269696007\\_Avaliacao\\_da\\_acuracia\\_de\\_um\\_GPS\\_de\\_dupla\\_frequencia\\_para\\_implantacao\\_de\\_um\\_ponto\\_de\\_apoio\\_imediato\\_P2\\_ao\\_georreferenciamento](https://www.researchgate.net/publication/269696007_Avaliacao_da_acuracia_de_um_GPS_de_dupla_frequencia_para_implantacao_de_um_ponto_de_apoio_imediato_P2_ao_georreferenciamento)> Acesso em: 22 de julho de 2017.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de Precisão**. Boletim Técnico, 2009. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/agric\\_precisao.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/agric_precisao.pdf)> Acesso em: 20 de junho de 2017.

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

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.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

NETO, J.O.A. **Análise de precisão e acurácia de pontos georreferenciados com a técnica do código suavizado pela fase da portadora utilizando GPS de baixa frequência**. 2006. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) – Universidade Estadual de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-29052007-170329/publico/JOAN.pdf>> Acesso em: 22 de junho de 2017.

OLIVEIRA, A.; MOLIN, J. Uso de piloto automático na implantação de pomares de citros. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 123-137, 2011.

OLIVEIRA, T.C.A. **Estudos sobre desempenho de sistemas de piloto automático em tratores**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de São Paulo. 2009. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwictL-79ZXVAhUCfZAKHemZC8wQFggjMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F11%2F11148%2Fde-10112009-150847%2F&usg=AFQjCNGBGluB0bIO7jygCfcKyrLKKa6-pw>> Acesso em: 23 de junho de 2017.

PERSON, J. **Mastering GPS Programming**. In: SILVEIRA., G.C. Influência da Geometria dos satélites na precisão das coordenadas geodésicas obtidas com o sistema GPS. Universidade Estadual de São Paulo. 2008. Dissertação de Mestrado, 2008.

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**. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia). 2010 – Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.ler.esalq.usp.br/download/gmap/estagio/FernandaVersaoSite.pdf>> Acesso em: 15 de junho de 2017.

SILVA, T.M.L.S. **Análises de erros em receptores GNSS**. Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa. 2007. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137473812/Dissertacao.pdf>> Acesso em: 15 de junho de 2017.

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.

TRIMBLE. Disponível: <<http://www.trimblertx.com.br/>> Acesso em: 19 de jun. de 2017.

TRIMBLE. **Guia do usuário**. CFX-750 Display. v. 1. ver. A. Outubro 2010. p. 39 e 51.

TSCHIEDEL, M; FERREIRA, M.F. Introdução a agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, v. 32, n.1, p.159-163. 2002.

WEBER, E.; ANZOLCH, R.; FILHO, J.L.; COSTA, A. C.; IOCHPE, C. **Qualidade de dados geoespaciais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.