

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE
DIRECIONAMENTO NA OPERAÇÃO DE
PULVERIZAÇÃO TERRESTRE**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Fábio Fernandes

Santa Maria, RS, Brasil

2013

ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DIRECIONAMENTO NA OPERAÇÃO DE PULVERIZAÇÃO TERRESTRE

Fábio Fernandes

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Área de Concentração em Tecnologia em Agricultura de Precisão, Linha de Pesquisa em Máquinas Agrícolas Desenvolvidas para Agricultura de Precisão, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão.**

Orientadora: Prof. Dr^a. Catize Brandelero

Santa Maria, RS, Brasil

2013

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Fernandes, Fábio
Análise comparativa de sistemas de direcionamento na
operação de pulverização terrestre / Fábio Fernandes.-2013.
61 p.; 30cm

Orientadora: Catize Brandelero
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Agricultura de Precisão, RS, 2013

1. Agricultura de Precisão 2. Piloto automático 3.
Redução de custo I. Brandelero, Catize II. Título.

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Fábio Fernandes. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: fabio.fernandes@net.crea-rs.org.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Programa de Pós-Graduação em
Agricultura de Precisão**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DIRECIONAMENTO NA
OPERAÇÃO DE PULVERIZAÇÃO TERRESTRE**

elaborada por
Fábio Fernandes

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agricultura de Precisão

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr^a. Catize Brandelero (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Prof. Dr. Alexandre Russini (UNIPAMPA)

Prof. Dr. Fabricio Ardais Medeiros (UFPeI)

Santa Maria, 30 de dezembro de 2013.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho...

... a minha esposa.

... a minha filha.

... aos meus pais e irmãos.

... a equipe do suporte ao produto e engenharia de campo da John Deere Brasil.

... aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão da Universidade Federal de Santa Maria.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde, ânimo e força.

Aos meus familiares: esposa, **Luciane Paula Goelzer**; filha, **Amanda Mohara Goelzer**; pais, **Anildo** e **Edith Fernandes** (*in memoriam*); aos meus irmãos, **Fabiano** e **Claudinéia**, pelo apoio durante a execução deste trabalho.

A **Universidade Federal de Santa Maria**, instituição onde ampliei os meus conhecimentos e me possibilitou a realização deste Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão.

A professora e orientadora, **Catize Brandelero**, pelo conhecimento, companheirismo e apoio durante mais de um ano de orientação.

À **Coordenação e Colegiado** de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão da **Universidade Federal de Santa Maria**.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, por seus ensinamentos.

Aos colegas e amigos da John Deere Brasil, do Programa de Pós-Graduação e de outras instituições, **Fabiano Fernandes**, **Claudir Goehl**, **Marçal Dornelles**, **Alex Johann**, **Guilherme Beras**, **Marcio Barato**, **Benhur Lopes da Luz**, **Ricardo Romano**, **César Leandro Schuh**, **João Butzke**, **Cleber Oliveira**, **Alan Siqueira**, **Tiago Wesling**, **Eleandro Tomelero**, **João Paulo Freitas**, **Heliotérico de Moraes**, **Eudes Veit**, **Maico Fernandes**, **Renan Schneider**, **Marcos Beck** e **Dorlei Binicheski** pela contribuição e espírito de grupo enquanto trabalhamos e convivemos juntos.

Aos professores e amigos **Alexandre Russini**, **Antônio Lilles Tavares Machado**, **Ângelo Vieira dos Reis**, **Fabício Ardais Medeiros**, **Luciano Zucuni Pes** e **Roberto Lilles Tavares Machado** pela amizade e apoio sempre que necessário.

Aos **proprietários da área estudada**, **expresso minha imensa gratidão**, pela atenção e disponibilidade das máquinas agrícolas, fatores chave para a realização deste trabalho.

A todas as pessoas que contribuíram com este trabalho.

O autor

“Se queremos progredir, não devemos repetir a história, mas fazer uma história nova”.

(Mahatma Gandhi)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão
Universidade Federal de Santa Maria

ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DIRECIONAMENTO NA OPERAÇÃO DE PULVERIZAÇÃO TERRESTRE

AUTOR: FÁBIO FERNANDES

ORIENTADORA: Prof. Dr^a. CATIZE BRANDELERO

Local da Defesa e Data: Santa Maria, 30 de dezembro de 2013.

Com a mecanização agrícola em expansão no país, muitos produtores rurais, afim de otimizar recursos na propriedade, investem em tecnologias e técnicas de agricultura de precisão para uma diminuição do custo de produção, tornando esta atividade economicamente viável para os seus negócios. O objetivo do presente trabalho foi realizar uma análise comparativa, entre dois sistemas de direcionamento, um sem orientação de precisão, guiado pelo operador e o outro sistema utilizando recursos de um piloto automático, afim de delimitar por meio de testes de campo a sobreposição na aplicação de agrotóxico gerado durante o tráfego do conjunto trator mais pulverizador. Os testes de pulverização foram realizados em um campo retangular de 20ha, todo circuito de deslocamento do conjunto trator mais pulverizador seguiu o processo de operação “vai e vem” com manobras nas cabeceiras do talhão com alinhamento prévio antes de cada linha de aplicação. Para que fosse possível obter a sobreposição média da largura da barra do pulverizador de 18m de ambos os sistemas de direcionamento, foram coletados em média 192 pontos de medidas ao longo de cada faixa, chegando ao valor de sobreposição para o sistema sem orientação de precisão de 9,48% e de 0,44% para o sistema de piloto automático. A partir destes dados, foi apresentado o número de linhas transversais necessárias para cada um dos sistemas de direcionamento para atender a área experimental, tendo assim como estimar os gastos totais e a redução de custos por hectare. Com a economia de R\$/ha 17,61, é possível afirmar que o investimento de R\$ 64.145,43 (Sessenta e quatro mil cento e quarenta e cinco reais com quarenta e três centavos), referente a aquisição do sistema de piloto automático, é viável para a propriedade estudada de 1300 hectares, para um período de amortização de 10 anos referente à vida útil dos equipamentos envolvidos (trator e pulverizador).

Palavras-chave: Agricultura de Precisão. Piloto automático. Redução de custo.

ABSTRACT

Master Thesis
Post-Graduate Program in Precision Agriculture
Federal University of Santa Maria

COMPARATIVE ANALYSIS OF SYSTEMS OF DIRECTION IN THE OPERATION OF SPRAYING BY LAND

AUTHOR: FÁBIO FERNANDES
ADVISOR: Prof. Dr^a. CATIZE BRANDELERO
Place of Defense and Date: Santa Maria, December 30, 2013.

With the agricultural mechanization in expansion in the country, a lot of farmers, in order to optimize resources in the property, invest in technologies and agriculture techniques of precision for decreasing the cost of production, turning this activity into something feasible to their businesses. The objective of the present study was to run a comparative analysis between two direction systems, one of them without precision orientation, guided by the operator and the other system using resources of an automatic pilot, in order to limit through field tests the overlapping in the application of chemicals generated during the traffic of the group tractor plus sprayer. The spraying tests were run in a rectangular field of 20 hectares, all the circuit of movement of the group tractor plus sprayer followed the operation process "back and forth" with maneuvers on the heads of the field with previous alignment in each line of application. To be possible to obtain the medium overlapping of the width of the sprayer bar of 18 meters on both systems of direction, about 192 points average were collected throughout each strip, reaching the value of overlapping to the system without precision orientation of 9.48% and 0.44% for the automatic pilot system. From these data, the number of necessary transversal lines was presented for each of the systems of direction to attend to the experimental area, making it possible to estimate the total expenses and the cost reduction per hectare. Saving 17.61 R\$ per hectare, it is possible to say that the investment of R\$ 64,145.43 (sixty-four thousand, one hundred and forty-five reais and forty-three cents), referring to the acquisition of the system of automatic pilot, it is feasible for the studied property of 1300 hectares, for a period of amortization of 10 years referring to the life span of equipment involved (tractor and sprayer).

Key words: Precision Agriculture. Automatic pilot. Cost reduction.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMS	– Solução em Gerenciamento Agrícola
AP	– Agricultura de Precisão
ESALQ	– Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
EUA	– Estados Unidos da América
GLONASS	– Sistema Orbital Global de Navegação por Satélite
GNSS	– Sistema de Navegação Global por Satélite
GPS	– Sistema de Posicionamento Global
ha	– hectare
IAPAR	– Instituto Agronômico do Paraná
KW	– Quilowatt
RS	– Rio Grande do Sul
RTK	– Posicionamento Cinemático em Tempo Real
SIG	– Sistemas de Informações Geográficas
SR	– Sensoriamento Remoto
UFRGS	– Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM	– Universidade Federal de Santa Maria
UNICAMP	– Universidade Estadual de Campinas
USP	– Universidade de São Paulo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Satélites direcionando sinais de localização a base do GPS	23
Figura 2 – Funcionamento do monitor de direcionamento em formato de barra de luzes	24
Figura 3 – Monitor virtual, simulando um percurso sobre uma linha planejada.....	25
Figura 4 – Exemplo de funcionamento do sistema de correção de sinal RTK-GPS.....	26
Figura 5 – Estrutura para realizar o cálculo da altura da barra.....	29
Figura 6 – Localização da área de abrangência do projeto.....	32
Figura 7 – Localização da propriedade rural e da área representativa do projeto...	33
Figura 8 – Croqui representativo das faixas de aplicação com o conjunto trator e pulverizador com barras de 18m de largura fixa (imagem sem escala representativa)	34
Figura 9 – Figura ilustrativa de um conjunto mecanizado, com piloto automático acoplado ao trator	35
Figura 10 – Figura ilustrativa do pré-alinhamento realizado antes e após os pontos A e B do trajeto (imagem sem escala representativa)	36
Figura 11 – Croqui representativo dos pontos de coleta dos dados em cada faixa de avaliação	37
Figura 12 – Croqui ilustrativo do circuito de deslocamento “vai e vem” com manobras nas cabeceiras do talhão no processo de pulverização com faixa de trabalho de 18 metros	38
Figura 13 – Riscador ajustável fixado no cabeçalho do pulverizador (a e b).....	39
Figura 14 – Indicador da velocidade média durante o teste de simulação de pulverização em área experimental.....	39
Figura 15 – Estaca amarela fixada ao centro da demarcação realizada pelo riscador ajustável identificando o sentido vai de deslocamento em área experimental.....	40
Figura 16 – Estaca azul fixada ao centro da demarcação realizada pelo riscador ajustável identificando o sentido vem de deslocamento em área experimental.....	40

Figura 17 – Monitor GS3 2630	41
Figura 18 – Receptor de posição SF (Star Fire) 3000	42
Figura 19 – Linhas e seus desvios, gerados no percurso com a utilização do piloto automático com sinal SF2 em área experimental	43
Figura 20 – Desvios gerados durante o sentido de deslocamento vai, em área experimental, sem recursos de piloto automático	45
Figura 21 – Medida encontrada de 18m entre linhas durante a utilização do piloto automático com sinal SF2 em área experimental.....	45
Figura 22 – Operação realizada com piloto automático em área experimental.....	46
Figura 23 – Exemplo de sobreposições durante a pulverização com trator acoplado em um pulverizador de arrasto sem sistemas de orientação de precisão (imagem sem escala representativa)	49
Figura 24 – Ilustração de deslocamento do trator acoplado com um pulverizador de arrasto utilizando o sistema de piloto automático com sinal precisão (imagem sem escala representativa).....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Itens do piloto automático com os seus respectivos valores de mercado	47
Tabela 2 – Descrição de parâmetros assumidos para o sistema de piloto automático e sistema sem orientação de precisão.....	49
Tabela 3 – Valores excedentes pela sobreposição nos 20ha estudados e economias geradas por hectare	51
Tabela 4 – Gastos totais para pulverização – 20ha da área ensaiada e área total da propriedade referente ao caso estudado.....	52
Tabela 5 – Investimentos adicionais para o sistema de piloto automático com custos fixos anuais associados	53
Tabela 6 – Redução de custo prevista na propriedade para as duas aplicações de herbicida no cultivo anual de arroz irrigado, utilizando piloto automático.....	53

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Determinar a altura mínima da barra de aplicação com relação à planta	28
Equação 2 – Calcular a sobreposição do leque de aplicação	28
Equação 3 – Determinar a depreciação linear	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Variação das sobreposições geradas pelo sistema sem orientação de precisão.....	46
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Agricultura de precisão	18
2.2	A introdução da agricultura de precisão no Brasil	20
2.3	Benefícios da agricultura de precisão	22
2.4	Sistemas de autodirecionamento	23
2.5	Processo de pulverização	26
2.6	Sobreposições nas atividades mecanizadas	29
2.7	Análises de dados econômicos	30
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	Caracterização da área de estudo	32
3.2	Máquinas e equipamentos utilizados	34
3.3	Pré-alinhamento e amostragem	35
3.4	Levantamento de custos	37
3.5	Teste de campo	38
3.5.1	Teste de campo sem orientação de precisão embarcada	38
3.5.2	Teste de campo com o sistema de piloto automático	41
3.6	Análise dos dados de campo	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1	Sobreposição encontrada nos testes de campo	44
4.2	Custo do sistema de piloto automático via satélite	47
4.3	Custos inerentes à atividade de pulverização	48
4.4	Análise econômica para propriedade na aquisição do sistema de piloto automático	50
5	CONCLUSÕES	55
6	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1 INTRODUÇÃO

Apesar de a agricultura brasileira ser uma das mais avançadas do mundo, o fenômeno de globalização da economia, obriga muitos produtores rurais a buscar constantemente novas tecnologias na área, principalmente no que se diz respeito à agricultura de precisão.

A precisão agrícola não consiste em uma tecnologia única, mas de um conjunto de técnicas que permitem o gerenciamento localizado e detalhado de culturas e suas atividades. Trata-se de uma ferramenta de apoio para tomada de decisões no processo produtivo com o objetivo de redução de custos nas propriedades agrícolas.

A orientação de precisão é notada diferente de muitos sistemas existentes para cultivos, uma vez que requer um sistema de movimentação automático, que eleva os investimentos fixos comparados a outros sistemas. Considerando por exemplo, que a aplicação á taxa variável de fertilizantes requer um conjunto de dados sistemáticos (por exemplo, grid ou zonas de manejo) e análises de solo (recomendações de fertilizantes podem estar baseadas em conhecimentos de variáveis ou locais específicos como aclives e declives, tipos de solos e drenagem), antes que um mapa de aplicação de fertilizante efetivo possa ser desenvolvido e os mesmos aplicados variavelmente.

A orientação de precisão é uma ferramenta relativamente nova em tecnologias de cultivo e empregada em diferentes culturas. É transparente e de fácil entendimento, principalmente em sistemas simples como barra de luzes ou sistemas paralelos.

Isto porque a orientação de precisão oferece benefícios sem uma necessidade prévia de outros conhecimentos agrônômicos (exemplo: interpretação de mapas, solos e plantas), e pode ser adotado rapidamente produzindo benefícios quase imediatos, sendo crescentemente adotado por produtores rurais.

O uso da orientação de precisão auxilia operações mais rápidas com o conjunto mecanizado, reduzindo a fadiga do operador, permitindo períodos mais longos de operação sem aumento das taxas de erro, diminuindo assim, a sobreposição de produtos químicos, consumo excessivo de combustível, tempo de

operação e auxiliando em outras atividades como no preparo do solo (gradagem, subsolagem, nivelamento da área, plantio) e outras atividades relacionadas às eventuais necessidades da propriedade.

Este sistema também permite operação do conjunto mecanizado em condições de baixa luminosidade, estendendo as horas operacionais diárias das máquinas agrícolas durante as atividades de campo.

Nesse trabalho, especificamente, além dos estudos da orientação de precisão que permite resultados em eficiência e eficácia na condução dos tratos culturais em uma propriedade rural, está sendo considerado um fator especial da propriedade em estudo, por se tratar de uma área localizada na divisa da reserva ambiental do TAIM, que requer cuidados especiais no manejo e aplicação de defensivos agrícolas na cultura do arroz.

Isto impede o uso de recursos de pulverização com aeronave, como realizado pela grande maioria dos produtores de arroz irrigado, podendo somente ser utilizado o sistema de pulverização terrestre, que evita a deriva de agrotóxico no ar, atendendo as exigências legais de condução da cultura dentro do espaço em que a mesma se encontra. Dentro destas condições, estudou-se a utilização do sistema de agricultura de precisão, piloto automático, como forma de otimizar os recursos da propriedade.

O objetivo geral desse trabalho foi realizar uma análise comparativa, por meio de testes de campo, o tráfego do conjunto trator mais pulverizador com o sistema de direcionamento sem orientação de precisão, guiado pelo operador e um sistema de piloto automático.

Os objetivos específicos são:

- comparar o sistema de direcionamento sem orientação de precisão, guiado pelo operador e o sistema de piloto automático;
- delimitar a sobreposição na aplicação de agrotóxico gerado pelos diferentes sistemas de direcionamento;
- análise de custos entre os dois sistemas (sobreposição x investimento).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão da literatura, pretende-se apresentar uma breve descrição da Agricultura de Precisão (AP), a aplicação de agrotóxico e uma parcela de informações do sistema de orientação e direcionamento de máquinas agrícolas para um melhor entendimento do trabalho proposto.

A inserção de novas tecnologias na área agrícola contribui para uma constante evolução de setores como a informática e a eletrônica, que juntas formam um conjunto de fatores propícios à sua aplicação no setor primário, envolvendo tecnologias como o geoprocessamento e o Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS).

2.1 Agricultura de precisão

A AP surge como uma nova tecnologia, embora sua história tenha iniciado há muito tempo, antes mesmo do período da Revolução Industrial, com agricultores que tinham por finalidade maximizar a produção física e econômica das culturas, variando a aplicação de insumos de acordo com os tipos de solos e o desempenho das culturas, em busca de melhor rendimento produtivo, pois naquela época, agricultores já reconheciam os benefícios da aplicação diferenciada de esterco com o tipo de solo (KELLOGG, 1957).

Em 1929, Bauer e Linsley (apud GOERING, 1993) sugeriram amostragem de solo utilizando o processo de malhas em 100 metros quadrados para determinar no campo a necessidade de aplicação diferencial de calcário. Naquela época, alguns agricultores obtiveram reduções significantes nos custos de produção com aplicação diferenciada de insumo.

Com o avanço tecnológico, a AP, passou a ser pela indústria, uma solução integrada composta por sistemas elétricos, eletrônicos, mecânicos e computacionais. Conforme mencionado por Searcy (1995), o uso extensivo deste grande número de dados exige a utilização de sistemas de aquisição e análise dos dados, sistemas

computacionais de processamento e suporte à decisão e equipamentos automáticos destinados a realização de operações em campo.

Os avanços tecnológicos na agricultura são de longa data, ou seja, novas tecnologias são desenvolvidas ou muitas delas aprimoradas (STAFFORD, 1996).

Balastreire et al., (1997) definem a AP como sendo um conjunto de técnicas que auxilia no gerenciamento localizado da cultura e/ou propriedade. Sendo que esta visa o gerenciamento mais detalhado do sistema de produção agrícola. Seu objetivo não está direcionado somente para aplicações dos insumos ou de mapeamentos de produtividade de lavouras, mas sim de todos os processos envolvidos na produção.

O conceito inicial da AP tem sua origem em 1929 onde alguns pesquisadores estudaram a variabilidade da acidez dos solos e, a partir de tal variabilidade foi possível a aplicação de calcário ponto a ponto para a correção de tal acidez (ELIAS, 1998).

Mantovani (2000) define o termo AP como sendo o uso de tecnologias atuais para as diversas atividades agrícolas no preparo de solo, tratos culturais, entre outras, que auxiliam no gerenciamento de dados da cultura e sua produtividade, esse recurso empregado na agricultura tem levado o uso de três tecnologias, que são o Sensoriamento Remoto (SR), Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o Sistema de Posicionamento Global (GPS).

É importante mencionar que nos tempos passados, a agricultura familiar era predominante. Desta forma, cada agricultor possuía pleno conhecimento da sua área produtiva o que lhe permitia observar e dar tratamento localizado a suas lavouras, praticando a AP, embora de forma empírica e de baixa tecnologia (MOLIN, 2001a).

Conforme Molin (2002), a AP tem o intuito de fazer aquilo que o agricultor faz e fazia desde os primórdios, porém em uma dimensão maior, associando todo o conhecimento acumulado pelas ciências agrárias até o presente momento.

Os fundamentos para a AP moderna que conhecemos atualmente surgiram no início do século XX, com o desenvolvimento de microcomputadores, sensores e softwares, o que a tornou viável para os produtores (LAMPARELLI, 2013).

Com a mecanização agrícola, foi possível manejar economicamente as culturas em grandes áreas utilizando recursos como mapeamento dos fatores de produção, ferramentas de suporte a decisão e aplicação correta e localizada de

insumos. Com o desenvolvimento do GPS, os equipamentos tecnológicos embarcados com estes recursos em máquinas agrícolas, ficaram capazes de medir a variabilidade de produção e aplicação de insumos (fertilizantes, herbicidas, inseticidas, pesticidas), por meio de visualização gráfica dos monitores (ANTUNIASSI; BAIO; SHARP, 2013).

2.2 A introdução da agricultura de precisão no Brasil

O Brasil possui uma importância muito significativa no cenário mundial da agricultura e com grande potencial de expandir suas áreas produtivas, o que inspira alguns produtores a investir em novas tecnologias na área de AP na busca por otimizar os investimentos dos recursos na produção (MOLIN apud MARTINS e RAMOS, 2013).

Apesar da AP ser uma das mais importantes técnicas para a busca de maior eficiência na agricultura, Valentini e Gimenez (2000) salientam que ainda há grandes obstáculos a serem vencidos para a efetiva implantação desta técnica no Brasil. Estes obstáculos estão relacionados ao despreparo dos produtores e técnicos para a incorporação e imersão nessa nova tecnologia.

De acordo com Balastreire et al., (1997) as primeiras pesquisas na área de AP no Brasil, foram realizadas na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP) em 1997, com um trabalho inovador na cultura de milho, resultando no primeiro mapa de variabilidade de colheita do Brasil.

Após isso um crescente foco de pesquisa/extensão em AP foi inicializado por instituições de ensino como a própria ESALQ-USP, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Embrapa, Fundação ABC, Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), além de numerosas empresas privadas do setor agrícola e tecnológico e de cooperativas de produtores (MENDES; OLIVEIRA; SANTOS, 2011).

As práticas mais comuns de AP no Brasil, conforme Resende et al., (2013) realizadas por pesquisadores, instituições de ensino e áreas experimentais são:

- direcionamento via satélite (manual e automáticos);

- mapeamento de produtividade;
- monitoramento da produtividade;
- variação de taxas de insumos, principalmente adubo e corretivos;
- mapeamento de fertilidade;
- divisão das áreas em zonas de manejo uniformes.

Atualmente, para a aplicação mais precisa de pesticidas, herbicidas e fertilizantes, e um melhor controle da dispersão destas substâncias químicas, são possíveis através da AP e orientações precisas de direção, reduzindo manobras e sobreposições desnecessárias, produzindo um rendimento mais alto e criando uma propriedade ambientalmente mais sustentável (BATTE; EHSANI, 2006).

Os conceitos de AP têm despertado, no mundo, interesse muito grande e são considerados por alguns autores como a “terceira onda” na agricultura, sendo a mecanização com tração animal, a primeira, e a com equipamentos motorizados, a segunda (BALASTREIRE, 2000).

Para Baio (2005), as ferramentas integradas para se fazer AP dependem diretamente dos sistemas eletrônicos, mecânicos e computacionais, que auxiliam na coleta de dados por meio de amostragem instantânea em um curto espaço de tempo.

A utilização de um sistema de navegação, capaz de fornecer o posicionamento geográfico de uma pessoa e equipamentos no campo, é também indispensável para o sucesso da AP (ELIAS, 1998, apud BAIIO, 2005, p. 08).

De acordo com Silva et al., (2013) as técnicas da AP em áreas já demarcadas por coordenadas georeferenciadas, possibilitam o gerenciamento e a tomada de decisão para as atividades no que se refere ao controle de nutrientes das plantas, aplicação dos tratamentos culturais e das cultivares naquele espaço, além da possível redução de custos principalmente pela identificação das regiões que realmente necessitam da aplicação destes insumos.

Balastreire (2000), relata que embora se acredite que exista um potencial dessa tecnologia para reduzir o impacto ambiental das atividades agrícolas, não existe, ainda, dados suficientes para serem quantificados os benefícios provenientes do uso desta tecnologia.

Em países mais desenvolvidos, a exemplo dos Estados Unidos da América (EUA), Canadá e Europa, a AP é uma tecnologia que está consolidada, com

benefícios econômicos bastante significativos. Dentre estes países mencionados os EUA é o país que mais utiliza este tipo de tecnologia (SILVA et al., 2013).

No Brasil, a AP está sendo muito bem aceita por produtores tecnicamente qualificados, que faz seu planejamento financeiro, trabalha seus custos e os benefícios econômicos resultantes da adoção desse sistema de produção, apontando para um favorável custo benefício na sua aquisição. Para o agricultor é importante conhecer todas as atividades que o sistema de AP oferece, a fim de determinar a viabilidade econômica para a sua aquisição (SILVA et al., 2013).

2.3 Benefícios da agricultura de precisão

A AP consiste de um conjunto de técnicas que envolvem máquinas, equipamentos, softwares e pessoal especializado, com o objetivo de prover benefícios a propriedades agrícolas por meio de uma ferramenta mais apurada no que diz respeito ao gerenciamento agrícola, colocando a disposição tecnologias que proporcionam informações capazes de transformar a atividade agrícola em empresarial. Nesta lógica de atuação, há necessidade de profissionais com visão holística, capazes de interrelacionar todas as informações que envolvem a agricultura (FOCHT; ROLOFF; SCHIEBELBEIN, 2004).

Difícilmente consegue-se solucionar (ou minimizar) um problema sem que se conheça sua(s) causa(s) (MALAVOLTA, 1980). Assim, para que possa planejar e implementar adequadamente técnicas para resolução de problemas e que resultem oportunamente em incrementos de produtividade, se faz necessária a caracterização da área trabalhada. Para tanto, lança-se mão de diferentes metodologias de caracterização, tal como a malha de amostragem, proposta por Roloff e Focht (2002).

O foco principal da AP está na aplicação do conceito de utilização de técnicas e estratégias que visem minimizar perdas, com o uso da precisão dessa tecnologia, que permite a aplicação e localização de recursos com o mínimo de erro. Assim, os sistemas de manejos tradicionais, com o ineficiente tratamento da variabilidade de fatores que afetam a produção (fertilidade, umidade, controle fitossanitário) pela

média de extensas áreas de produção, podem dar lugar a estratégias econômicas e ecologicamente mais eficientes (ZAMBOLIM; CONCEIÇÃO; SANTIAGO, 2008).

2.4 Sistemas de autodirecionamento

Assim como o homem usa pontos de referência para se localizar, foram criados pontos de referência para localizar qualquer lugar da Terra em um globo ou mapa através dos sistemas de coordenadas geográficas pelo desenvolvimento de técnicas cartográficas para a elaboração de mapas (SEBEM et al., 2010).

O termo GNSS surgiu em 1991, e é formado por uma constelação de satélites com cobertura global que envia sinais de posicionamento e tempo ao receptor localizado em solo, aeronaves ou transporte marítimo (Figura 1). Através da capacidade de se calcular a posição correta, surge a possibilidade de aplicar este conhecimento de muitas formas, como na navegação de veículos automotores, aeronaves e embarcações (SEBEM et al., 2010).

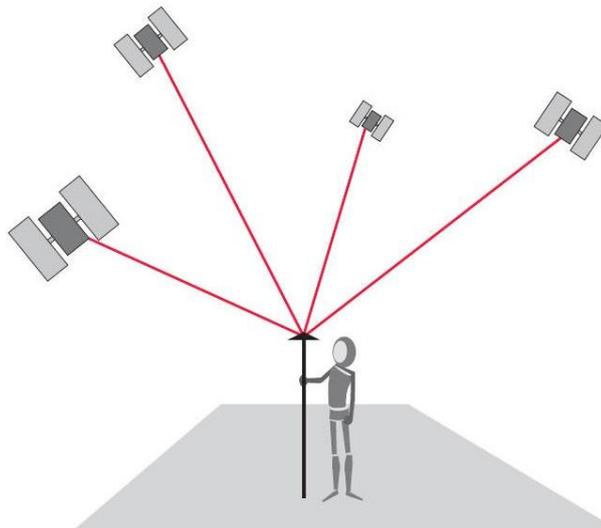


Figura 1 – Satélites direcionando sinais de localização a base do GPS

Fonte: LEICA, 1999.

Receptores de GNSS integrados a técnicas cinemáticas em tempo real (RTK) podem ser utilizadas para guiar máquinas pesadas em vários tipos de obras (SEBEM et al., 2010), “recentemente, o GNSS tem sido usado para a AP, para aperfeiçoar o rendimento de safras” (SEBEM et al., 2010, p. 50).

O sistema GPS é um sistema espacial de posicionamento que iniciou sua operação em 1993, que pode ser usado para determinar uma posição em relação a um sistema de referência, de um ponto qualquer sobre ou próximo à superfície da Terra. Compreendido por 27 satélites (24 operacionais e 3 de reserva) distribuídos em 6 planos orbitais (com 4 satélites operacionais por plano), objetiva assegurar que em qualquer ponto sobre a superfície da Terra ou próximo dela tenha disponibilidade mínima de 4 satélites acima do horizonte, durante as 24 horas do dia (SEBEM et al., 2010).

O monitor de direcionamento por barra-de-luz (Figura 2) foi uma das primeiras ferramentas com recurso eletrônico, disponível no mercado para auxiliar a orientação de direcionamento ao operador de máquinas e equipamentos agrícolas. Para a visualização do percurso a ser realizado, pequenas lâmpadas coloridas e em alguns casos sinais sonoros, orientam o operador a direção pretendida, direita e esquerda. Esta ferramenta não garante uma precisão muito significativa, pois a habilidade do operador em utilizá-la será o fator principal (JOHN DEERE, 2013).

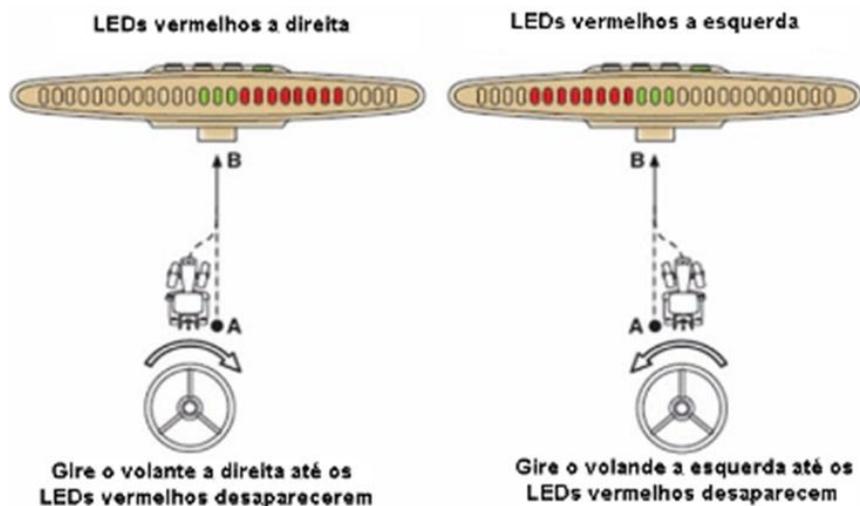


Figura 2 – Funcionamento do monitor de direcionamento em formato de barra de luzes

Fonte: John Deere, 2013.

Outro dispositivo disponível para auxiliar na operação é o monitor virtual (Figura 3), que orienta o operador a correta trafegabilidade sobre uma linha planejada, através de aviso sonoro e indicação na tela do monitor. Quando o operador tende a desviar da linha planejada, é apresentado na tela virtual, o erro atual, juntamente com um som característico de erro para cada lado do alinhamento planejado (JOHN DEERE, 2013).



Figura 3 – Monitor virtual, simulando um percurso sobre uma linha planejada

Fonte: John Deere, 2013.

De acordo com Baio (2005), uma evolução na tecnologia associada a AP, foi disponibilizada através do sistema de direcionamento automático, que associado ao sistema de direcionamento eletrohidráulico, permite que as controladoras eletrônicas do conjunto mecanizado controlem e indiquem as coordenadas de trafegabilidade e a dirigibilidade da máquina. Isso ocorre sem a interferência do operador, trazendo inúmeros benefícios ao usuário, como a diminuição da penosidade, manobras desnecessárias, aumento da eficiência do equipamento, podendo trabalhar em velocidades mais altas, além de eliminar os métodos convencionais, como marcadores de espuma, riscadores de solo, bandeirinhas dentre outros, o que auxilia no rendimento e diminuição dos custos de produção.

Todo este conjunto de técnicas empregado à AP permite o gerenciamento localizado e detalhado da propriedade, recursos, custos e otimização do maquinário,

de acordo com Baio (2005), o que existe de mais recente no mercado de precisão é o sistema RTK, que proporciona uma das mais eficientes acurácias, se comparado ao sistema de correção por sinal de satélites. A Base RTK funciona parada em um ponto com alimentação de bateria e envia um sinal de correção do erro do GPS, via sinal de rádio para o conjunto mecanizado. Este sistema permite que outros equipamentos que estejam em operações próximas a esta única base, recebam este mesmo sinal de correção. A Figura 4 demonstra ilustrativamente o seu funcionamento.

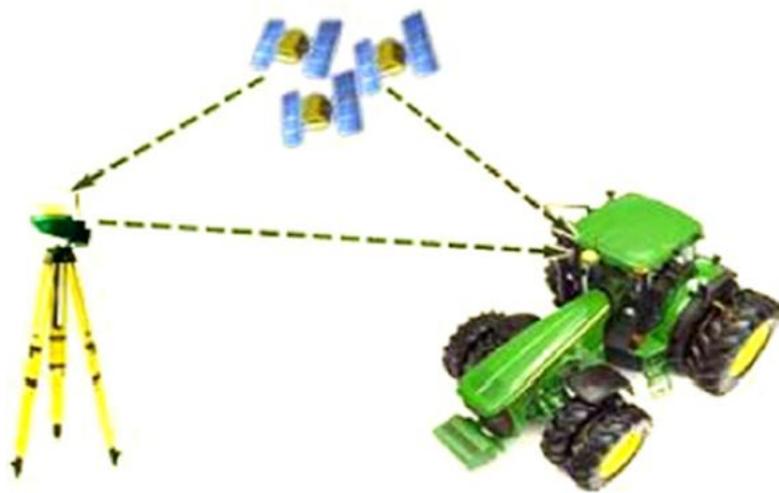


Figura 1 – Exemplo de funcionamento do sistema de correção de sinal RTK-GPS

Fonte: John Deere, 2013.

2.5 Processo de pulverização

O processo de pulverização com o uso de produtos químicos é usado para incrementar a atividade através do controle de pragas e infestação de ervas daninhas no cultivo das lavouras. O problema é que estes químicos acabam contaminando o meio ambiente, e algumas vezes são aplicados em áreas onde não são realmente necessários, impactando também no fator econômico da propriedade (SEBEM et al., 2010).

A tecnologia para a aplicação de herbicidas, ou qualquer defensivo agrícola, é o emprego dos conhecimentos científicos a fim de proporcionar a correta colocação do produto no alvo, na quantidade certa, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO apud RONCHI et al., 2001).

Ainda conforme a Fundação ABC apud Ronchi et al., (2001) a tecnologia de aplicação vai além do ato de aplicar o defensivo, é um conjunto de fatores que buscam maximizar a eficiência dos tratamentos e eficiência operacional, adequar as máquinas, enxugar os custos, minimizar os impactos ambientais e prezar pela segurança do operador.

É fundamental que a definição dos equipamentos seja feita de modo que o trato cultural alcance o alvo de forma rápida, eficaz e segura (RONCHI et al., 2001).

Existem diversos critérios para classificar as máquinas de aplicação de defensivos agrícolas, como por exemplo, a fonte de potência para acionamento e transporte, porém, elas são construídas basicamente pelos mesmos componentes: tanque, bomba, filtros, câmara de compensação, regulador de pressão, manômetro, registros, bicos, barras, entre outros, variando na forma de acordo com o projeto de cada máquina (MACHADO et al., 2005).

De acordo com Machado et al., (2005) os pulverizadores são máquinas que tem em sua forma construtiva a função de produzir gotas através de pressão hidráulica por intermédio dos bicos hidráulicos, do produto a ser aplicado.

Os principais fatores que afetam o volume de defensivo aplicado estão relacionados diretamente com a velocidade de deslocamento, o espaçamento dos bicos, tipo e tamanho de bico, e a pressão de trabalho que geralmente é pré-determinado pelo fabricante do pulverizador e/ou seus acessórios (MACHADO et al., 2005).

A vazão de um bico pode ter uma pequena variação de acordo com a pressão solicitada durante a operação. O aumento de pressão faz crescer o desgaste dos bicos, diminuindo o formato das gotas e do ângulo do jato de aplicação (MACHADO et al., 2005).

Para Machado et al., (2005) a calibração do pulverizador, ou seja, a regulagem do conjunto pulverizador para aplicar de maneira uniforme determinado volume de calda em uma determinada área é um fator muito importante para uma ótima aplicação de defensivos, assim como a verificação do estado de conservação

dos bicos de pulverização, pois a qualidade destes influencia diretamente na deposição do produto aplicado.

Outro dado importante na pulverização é a altura mínima que a barra do pulverizador deve possuir durante a aplicação do defensivo em relação ao alvo. Esta situação tem influência direta na sobreposição necessária entre o jato de um bico e o jato do outro contíguo para que parte do alvo não fique sem aplicação, este valor de sobreposição é geralmente indicado pelo fabricante (MACHADO et al., 2005).

Conforme Machado et al., (2005) para determinar a altura mínima da barra de aplicação com relação à planta, devemos aplicar a Equação 1:

$$h = \frac{e + s}{2 \times \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (1)$$

Onde: h – altura mínima da barra [cm]; e – espaçamento entre os bicos [cm];
s – sobreposição necessária [cm]; α – ângulo de jato do bico.

Caso o fabricante do bico não forneça a sobreposição necessária, é possível utilizar a Equação 2, conforme estrutura representada na Figura 5 (MACHADO et al., 2005).

$$S = L - e \quad (2)$$

Onde: S – sobreposição entre bicos; L – largura do jato na altura do alvo [cm]; e – distância entre centro dos bicos.

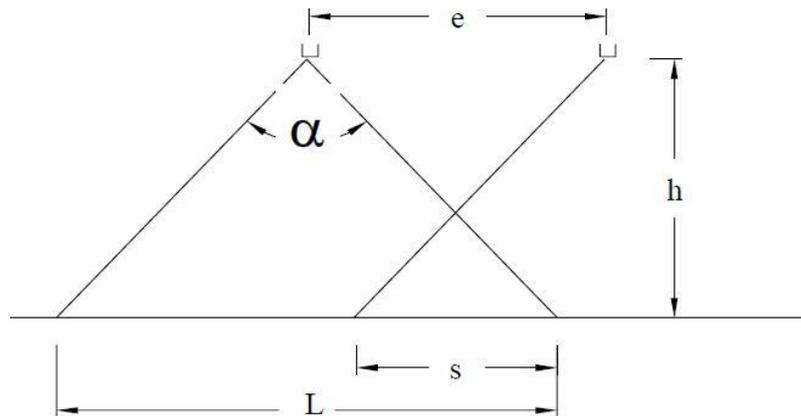


Figura 2 – Estrutura para realizar o cálculo da altura da barra

Fonte: Machado et al., (2005).

2.6 Sobreposições nas atividades mecanizadas

Segundo Serrano et al., (2013), pode ser considerada como uma sobreposição correta aquela em que a distância entre linhas de aplicação é igual à largura efetiva de trabalho, sobreposição excessiva é aquela em que a distância entre linhas de aplicação é inferior à largura efetiva de trabalho, provocando a overdose de aplicação sobre a cultura, e a sobreposição insuficiente é aquela em que a distância entre linhas de aplicação é superior à largura efetiva de trabalho, resultando em falhas de aplicação entre passadas.

Baio (2005), relata que o direcionamento de máquinas agrícolas sem orientação de precisão, utilizando praticas convencionais de orientação no direcionamento como, marcadores de espuma, orientação pelas fileiras de cultivo, riscadores de solo e bandeirinhas sinalizadoras, podem gerar sobreposição ou falhas durante a aplicação, resultando em custos adicionais e danos à cultura e meio ambiente.

Para Nieminen e Sampo apud Reynaldo (2009), durante o processo de pulverização os operadores de maquinas agrícolas tendem a sobrepor passagens entre linhas como uma forma de evitar falhas nas aplicações. Estudos realizados por estes, relatam que a sobreposição pode chegar a 10% da largura efetiva de trabalho, podendo variar em relação ao tamanho das barras de aplicação do equipamento utilizado.

Ehsani et al., apud Reynaldo (2009), em estudo da utilização de um sistema tradicional de orientação com marcador de espuma, identificou uma variabilidade entre as diferentes passadas e erros entre diferentes operadores, com a variação da faixa de sobreposição de 0,6 a 26% da largura total da barra de pulverização.

Estudos feitos por Batte e Ehsani (2006), revelam que as taxas de erro na utilização de um pulverizador autopropelido são de aproximadamente 10% da largura do pulverizador. Há pouco conhecimento de como esta taxa de erro poderia estar relacionada à largura do pulverizador. Esta é uma suposição crítica, com pequeno apoio de conhecimento.

2.7 Análises de dados econômicos

A análise consiste no ato de pesquisar, estudar e avaliar informações de forma consciente precisa e sistemática, objetivando fornecer o conhecimento sobre a situação atual, dando condições de planejar e tomar decisões às ações futuras (ANTUNES; RIES 1998).

Ainda para Antunes e Ries (1998), a análise econômica está ligada a verificação da saúde financeira, avaliada no curto, médio e longo prazo, determinando os pontos e valores corretos de alocação dos recursos necessários.

Conforme Vieira; Brizola 2003 (apud ERENO, 2008) com a mecanização da atividade agrícola surgiram custos que antes não existiam e outros passaram a ter maior representatividade. Dentre eles, a depreciação, a mão de obra especializada, os custos com energia, os serviços de terceiros, seguros, manutenção de máquinas dentre outros.

O sistema mecanizado, composto por máquinas e implementos agrícolas usados nos processos de preparo do solo, plantio, tratos culturais e colheita, pode ser considerado um fator estratégico na redução de custos, podendo representar de 20 a 40% dos custos de produção (PACHECO, 2000).

Para Antunes e Ries (1998), também é importante observar o custo de oportunidade do capital investido, que representa o montante de valor que se deixa de ganhar por investir o capital para fazer a atividade acontecer. Permite mostrar o

grau de eficiência produtiva das atividades, avaliadas pela capacidade de remuneração do capital investido.

O custo total do uso das máquinas agrícolas, segundo Balastreire (1990), é dado por dois componentes principais:

- Custo fixo, que é contabilizado independentemente do uso da máquina, permanecendo inalterado em relação ao volume de produção. Como: depreciação, juros, alojamento e seguros.
- Custo variável ou operacional, é relacionado a outros custos que dependem da quantidade do uso da máquina, varia diretamente com o volume de produção. Como: combustíveis, manutenção, salários e lubrificantes.

Neste sentido, a ferramenta de AP, juntamente com a obtenção, análise, ação e aplicação dos dados, pode ser usada como apoio para a tomada de decisão do processo produtivo e econômico nas mais diversas situações do cenário agrícola (JOHN DEERE, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A presente pesquisa foi realizada, afim de ser aplicada em uma propriedade rural, no município de Rio Grande, no Estado do Rio Grande do Sul (RS), entre a Lagoa Mirim, Lagoa dos Patos e o Oceano Atlântico, como pode ser visto na (Figura 06).

A declividade média da área varia entre 2 a 3%; o tipo do solo de acordo com os estudos da EMATER/DIT – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)/Departamento de Solos (2005) classificam-se como planossolo, este é descrito pela Embrapa Solos (2006), como:

“Solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve [...] adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lenções de água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano”.



Figura 3 – Localização da área de abrangência do projeto

Fonte: Adaptado a partir do Google, 2013.

A propriedade rural que esta indicada na (Figura 07), tem área total de 1.300 hectares (ha) cultivável de arroz irrigado, e esta localizada nas proximidades da reserva ambiental do TAIM, suas coordenadas geográficas são: 32° 24' 37,00" S; 52° 33' 45,51" O, e altitude média de 3m.

Segundo Köppen (1948), o clima é do tipo Cfa, temperado úmido, sem estação seca, com verão quente, inverno acentuado e chuvas bem distribuídas ao longo do ano. A ação do vento é fator importante na região e a direção predominante é nordeste.



Figura 4 – Localização da propriedade rural e da área representativa do projeto

Fonte: Google Maps.

Para realizar o levantamento de dados, foi utilizado um talhão de forma retangular de 20ha, com 476m de largura e 420m de comprimento, em uma área experimental, com topografia similar á área do projeto, onde estava implantada a cultura de trigo em estágio de desenvolvimento vegetativo. Considerando estas dimensões, foi possível realizar 26 faixas de aplicação com água (simulação) com o conjunto trator mais pulverizador com barras de 18m de largura fixa (Figura 8).

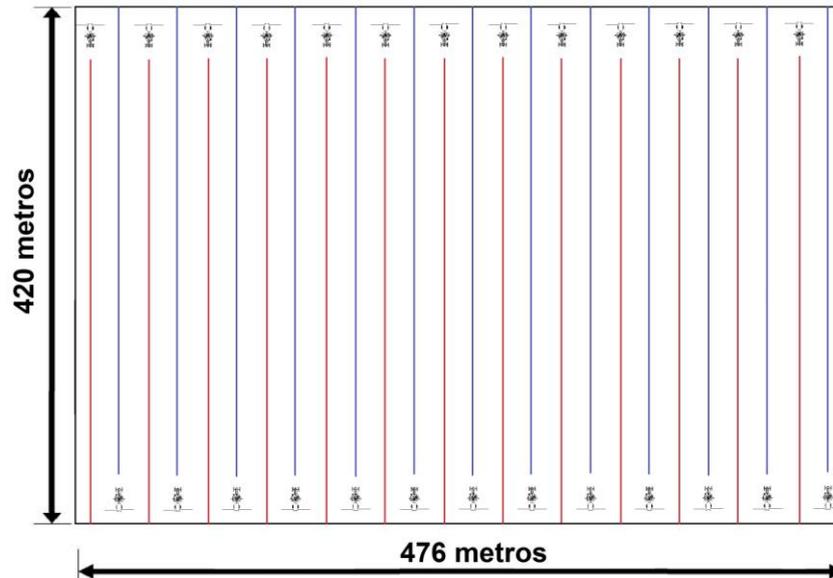


Figura 5 – Croqui representativo das faixas de aplicação com o conjunto trator e pulverizador com barras de 18m de largura fixa (imagem sem escala representativa)

Fonte: O autor.

3.2 Máquinas e equipamentos utilizados

Os testes de campo foram divididos em duas avaliações. No primeiro teste de campo utilizou-se o método tradicional, sem qualquer tipo de orientação de precisão e que atualmente é utilizado na propriedade em estudo. Já no segundo teste de campo foi empregado o sistema de piloto automático da marca John Deere, buscando determinar a sobreposição de aplicação de agrotóxico existente em cada um dos processos ensaiados.

Para a realização dos testes de campo foi utilizado um conjunto mecanizado disponível na propriedade, composto por, um trator da marca John Deere, modelo 7225J com motor de 165KW de potência com tração dianteira auxiliar; e um pulverizador de arrasto da marca Jacto, modelo Advance 2002, com largura nominal das barras de 18m e capacidade do tanque de 2.000 litros, sem qualquer forma de orientação ou controle de operação, ou seja, via GPS e/ou marcador de espuma.

Para o sistema de direção por meio de piloto automático foi utilizado o mesmo conjunto de trator e pulverizador, porém acrescido do sistema de Solução em Gerenciamento Agrícola (AMS) de piloto automático, que constava de um monitor

GS3 2630 e um receptor de posição SF (*Star Fire*) 3000 com sinal SF2 que foi instalado no trator, segue a Figura 9 mostrando o conjunto utilizado para os testes de campo.



Figura 6 – Figura ilustrativa de um conjunto mecanizado, com piloto automático acoplado ao trator

Fonte: O autor.

Para realizar o tratamento fitossanitário, foi realizada uma simulação, onde foi utilizado na aplicação somente água no reservatório do pulverizador, com volume de aplicação de 200 L/ha, a uma velocidade de trabalho de 12 km/h, conforme recomendação do fabricante do pulverizador. Além desta recomendação, o volume de aplicação e velocidade de trabalho foi conferido por meio de uma régua de cálculo para calibragem de pulverizadores agrícolas com capacidade máxima do tanque de até 3.000 litros.

3.3 Pré-alinhamento e amostragem

Em todas as repetições dos testes, o conjunto mecanizado iniciou o percurso pré-alinhado ao início do alinhamento de referência AB, conforme a representação da figura 10. Segundo Molin (2001), o pré-alinhamento do conjunto mecanizado em

cada passada pode ser realizado em uma distância de 20m antes do ponto inicial do teste, ou seja, antes do ponto A do alinhamento AB. Este alinhamento AB é a referência adotada em todos os sistemas de direcionamento via satélite. O pré-alinhamento do conjunto mecanizado é fundamental para evitar a tendência do erro no início de cada passada. Assim, o pré-alinhamento do percurso foi realizado em uma faixa de 20m antes e após os pontos A e B do alinhamento de referência, conforme figura 10.

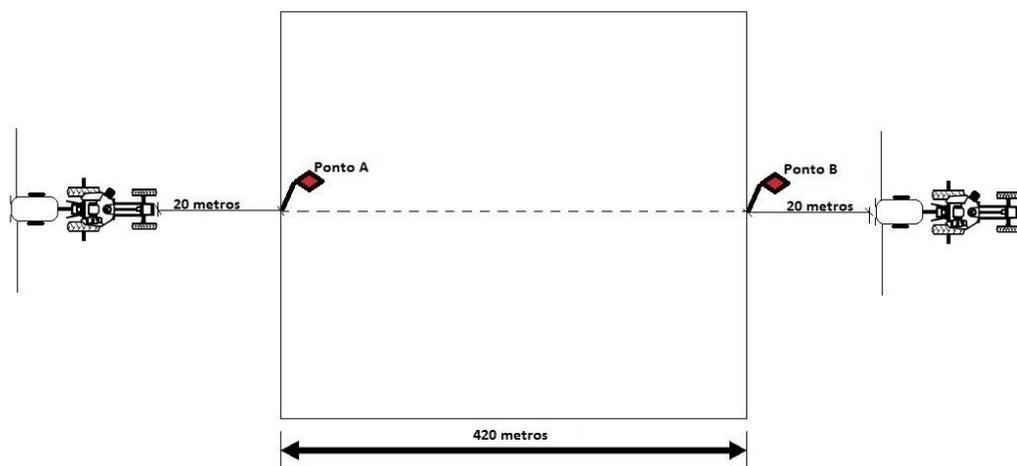


Figura 7 – Figura ilustrativa do pré-alinhamento realizado antes e após os pontos A e B do trajeto (imagem sem escala representativa)

Fonte: O autor.

Para que fosse possível calcular a média da sobreposição existente entre cada faixa de aplicação, foram considerados quatro pontos de amostras ao longo do percurso para o sistema sem orientação de precisão. Sendo que a cada novo percurso foi realizado um pré-alinhamento do conjunto mecanizado onde os pontos de referencia (inicio e fim) estavam espaçados a cada 18 metros, como representado na Figura 11.

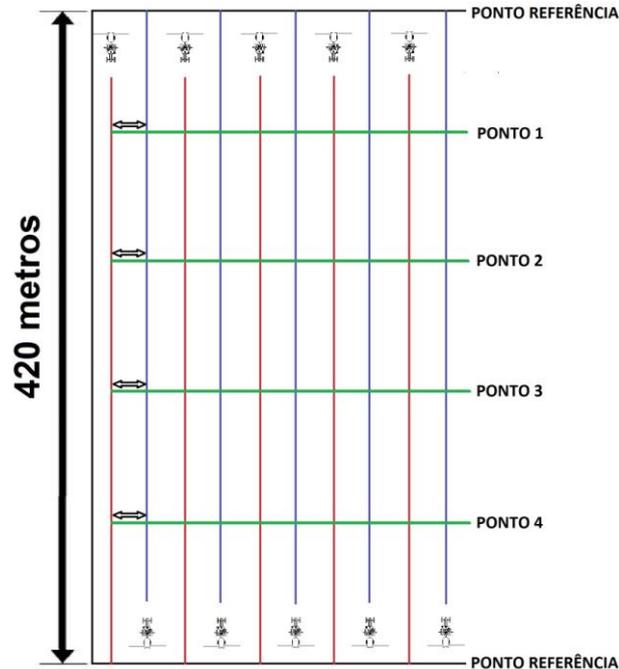


Figura 8 – Croqui representativo dos pontos de coleta dos dados em cada faixa de avaliação

Fonte: O autor.

3.4 Levantamento de custos

Buscou-se obter todos os custos fixos e variáveis da propriedade rural, estes ligados a atividade de pulverizar, envolvendo máquinas e equipamentos, mão de obra, combustível, agrotóxicos e outras oportunidades de capital que influenciam nos custos neste processo.

Para o sistema de piloto automático, foi obtido junto ao fabricante um orçamento dos valores comercial de cada item que compõem a estrutura do sistema.

Com base nos custos da propriedade e dos valores de investimento para o sistema, foi possível analisar a viabilidade do produtor adquirir o sistema de piloto automático para a propriedade e amortizar o investimento ao longo da vida útil das máquinas e equipamentos envolvidos.

3.5 Teste de campo

3.5.1 Teste de campo sem orientação de precisão embarcada

No teste de campo sem orientação de precisão embarcada, foram utilizadas estacas de sinalização, com duas cores, amarela e azul para orientar o sentido correto de deslocamento e percurso ao operador indicando o início e o fim de cada passada. As estacas de sinalização foram espaçadas a cada 18m de largura, de acordo com a largura das barras do pulverizador.

Como forma de mensurar a sobreposição das barras ao longo do percurso das passadas realizadas durante a pulverização no sentido vai e vem (Figura 12), foi acoplado junto ao centro do pulverizador um riscador ajustável; isto permite demarcar o centro de cada passada do pulverizador, possibilitando a visualização do espaçamento entre uma passada e outra, de forma a identificar a sobreposição gerada durante a aplicação sem orientação de precisão.

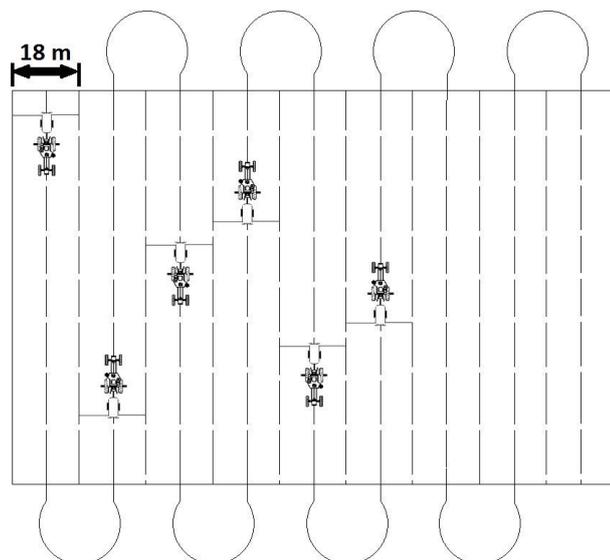


Figura 9 – Croqui ilustrativo do circuito de deslocamento “vai e vem” com manobras nas cabeceiras do talhão no processo de pulverização com faixa de trabalho de 18 metros

Fonte: O autor.

O riscador ajustável, que não faz parte do conjunto de operação, foi desenvolvido e instalado na área central do cabeçalho do pulverizador, para auxiliar na metodologia e coleta de dados conforme Figuras 13a e 13b.

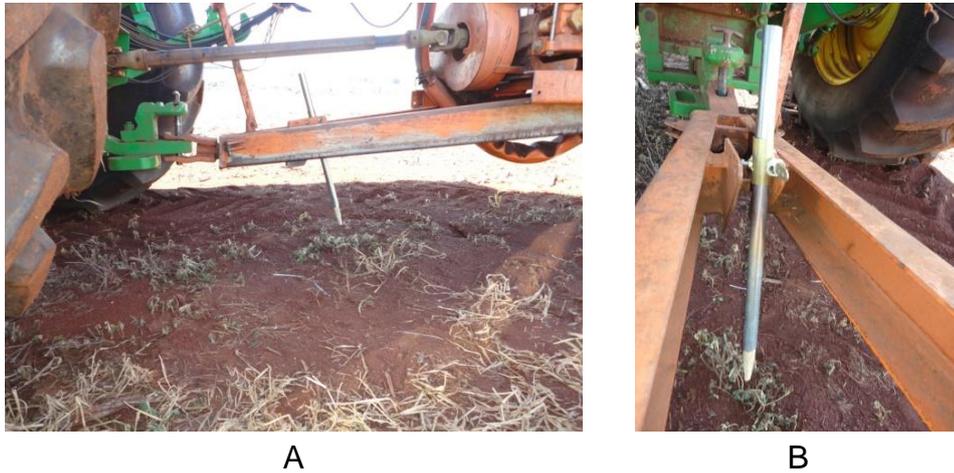


Figura 10 – Riscador ajustável fixado no cabeçalho do pulverizador (a e b).

Fonte: O autor.

Durante os testes de campo realizados sem o sistema de orientação embarcado e com sistema de piloto automático, o operador realizou as simulações de pulverização, a uma velocidade média de 12 km/h, conforme Figura 14.



Figura 11 – Indicador da velocidade média durante o teste de simulação de pulverização em área experimental

Fonte: O autor.

As estacas de identificação amarela orientavam visualmente o operador o sentido de aplicação “vai”, enquanto que a azul orientava o sentido “vem” que ele deveria realizar entre uma passada e outra.

Após realizada a simulação de aplicação sem o uso de qualquer tipo de orientação de precisão, foi possível identificar o local de tráfego do conjunto (trator/pulverizador) pelo rastro demarcado pelos pneus e, conseqüentemente, localizar a linha demarcada no solo pelo riscador ajustável, que no teste de campo, representa o centro do pulverizador. Para uma melhor demarcação desta linha foram utilizadas estacas identificadoras, conforme Figuras 15 e 16.



Figura 12 – Estaca amarela fixada ao centro da demarcação realizada pelo riscador ajustável identificando o sentido vai de deslocamento em área experimental

Fonte: O autor.



Figura 13 – Estaca azul fixada ao centro da demarcação realizada pelo riscador ajustável identificando o sentido vem de deslocamento em área experimental

Fonte: O autor.

3.5.2 Teste de campo com o sistema de piloto automático

O sistema de piloto automático utilizado neste teste foi devidamente ajustado conforme recomendação descrita no manual do operador para fornecer a eficaz acurácia do sistema de direcionamento via satélite.

O máximo desempenho deste equipamento somente pode ser alcançado após este ter sido configurado e calibrado corretamente.

Para a realização do teste de campo o sistema de piloto automático foi instalado junto ao trator 7225J que possui recursos eletrohidráulicos e esperas originais para receber o sistema.

Para garantir o perfeito funcionamento do conjunto durante os testes de campo, foram necessários os seguintes itens:

- Um monitor, que foi utilizado como terminal virtual responsável pela documentação, controle do rendimento a guiamento e avançadas capacidades ISOBUS. (Figura 17).



Figura 14 – Monitor GS3 2630

Fonte: John Deere.

- Um receptor de posição modelo Star Fire 3000, que recebe sinal de satélites GPS e o Sistema Orbital Global de Navegação por Satélite (GLONASS), além do sinal diferencial John Deere utilizado neste teste de campo fornecido pelos satélites INMARSAT (Figura 18).



Figura 15 – Receptor de posição SF (Star Fire) 3000

Fonte: John Deere.

3.6 Análise dos dados de campo

Para obter a distância entre cada ponto coletado pelo aparelho receptor GPS, foi utilizado o aplicativo CR Campeiro, versão 7; neste foram utilizadas ferramentas que possibilitaram obter o erro entre os 188 pontos coletados durante a execução de cada faixa de trabalho, conforme figura 19.

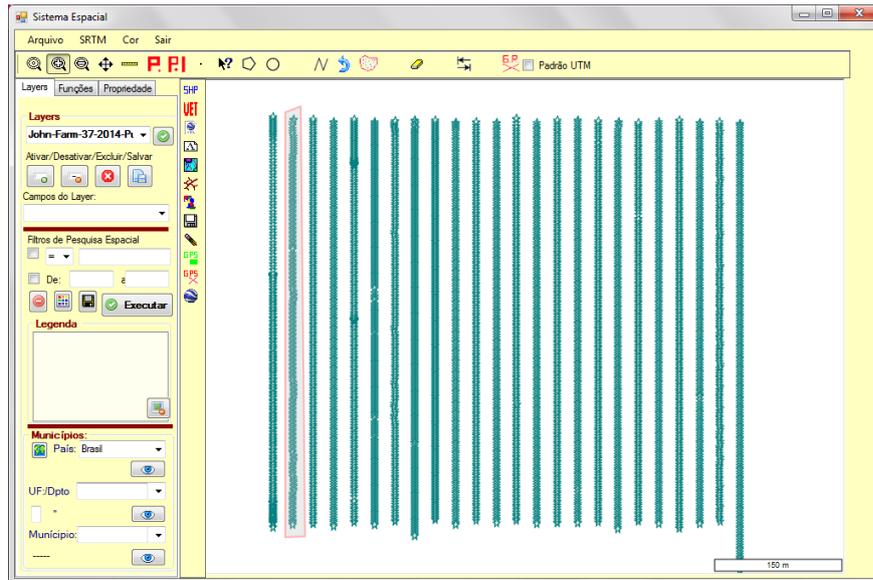


Figura 16 – Linhas e seus desvios, gerados no percurso com a utilização do piloto automático com sinal SF2 em área experimental

Fonte: O autor.

A análise estatística dos dados coletados no campo foi gerada por meio da ferramenta Excel, através de planilhas, cálculos e gráficos, resultando a média individual de sobreposição existente ao longo do percurso entre cada passada durante a pulverização, para todas as linhas exigidas no processo sem orientação de precisão e com o piloto automático. Com estas informações foi possível comparar os sistemas de direcionamento, delimitar a sobreposição na aplicação e fazer a análise de custos entre os sistemas estudados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Sobreposição encontrada nos testes de campo

A cada espaçamento realizado entre faixas, foi possível obter a média individual de sobreposição existente ao longo do percurso entre cada passada durante a pulverização, tanto para o processo sem orientação de precisão e com o piloto automático.

Para obter o valor da média geral do sistema sem orientação de precisão, foram somados todos os valores de sobreposição encontrados nos quatro pontos de amostra ao longo do percurso, cujo resultado foi dividido por quatro para gerar a média de cada faixa de aplicação. O valor médio da sobreposição encontrado nessa operação foi de 1,70m, equivalente a 9,48% da largura da barra do pulverizador.

Já para o sistema de piloto automático com sinal SF2, foi possível coletar ao longo de cada passada 188 pontos de amostra, em cada faixa, obtendo um desvio máximo a direita de 0,08m, desvio máximo a esquerda de 0,07m proporcionando um desvio médio de 0,02m e um desvio absoluto de 0,03m, todos estes dados com um coeficiente de variação de 75,92%.

Com base nos dados coletados para o sistema de piloto automático, obteve-se uma sobreposição média de 0,08m equivalente a 0,44% da largura da barra do pulverizador.

Na Figura 20 é possível identificar visualmente, a partir dos rastros feitos pelos pneus do conjunto trator/pulverizador, durante a realização dos testes de campo em área experimental, os desvios gerados durante a operação sem orientação de precisão embarcada no equipamento.



Figura 17 – Desvios gerados durante o sentido de deslocamento vai, em área experimental, sem recursos de piloto automático

Fonte: O autor.

Uma vez adotado o sistema de piloto automático, e comprovado pela mesma técnica de medição aplicada no teste sem o uso de qualquer tipo de orientação de precisão, foi possível identificar que a sobreposição é muito próxima a 0,05m conforme estipulado pelo fabricante (Figura 21). A uniformidade e paralelismo podem ser visualizados a partir da Figura 22, que ilustra os rastros feitos pelos pneus do conjunto (trator/pulverizador).



Figura 18 – Medida encontrada de 18m entre linhas durante a utilização do piloto automático com sinal SF2 em área experimental

Fonte: O autor.



Figura 19 – Operação realizada com piloto automático em área experimental

Fonte: O autor.

Com base nos resultados obtidos na realização dos testes de campo deste estudo foi possível comparar a variação de sobreposição gerada pelo método sem orientação de precisão, como mostra o Gráfico 1 de dispersão das médias.

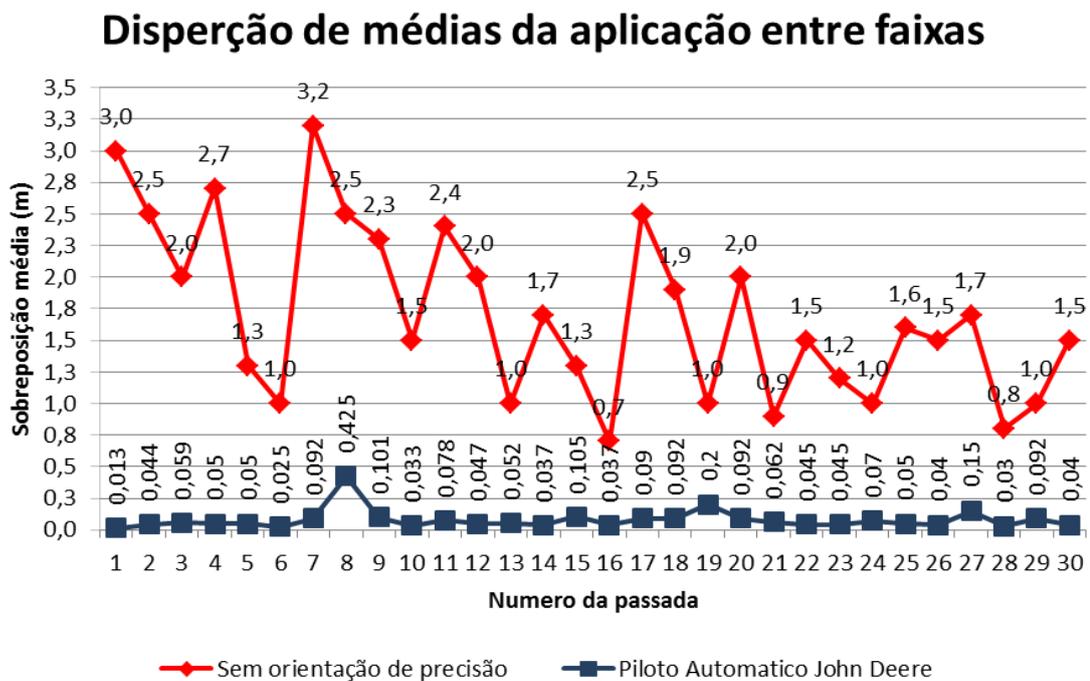


Gráfico 1 – Variação das sobreposições geradas pelo sistema sem orientação de precisão

Fonte: O autor.

4.2 Custo do sistema de piloto automático via satélite

No levantamento de custo dos itens necessários para o funcionamento do sistema de piloto automático para o trator modelo 7225J, o monitor GS3 2630 de código comercial PF0706PC, teve valor de investimento de R\$ 22.470,00 (vinte e dois mil quatrocentos e setenta reais).

O receptor de posição SF (*Star Fire*) 3000 com sinal SF1 de código comercial PF0906PC, apresentou valor de investimento de R\$ 10.486,00 (dez mil quatrocentos e oitenta e seis reais).

Também, a ativação de *software AutoTrac* SF2 para monitor GS3 de código comercial PF0499PC, cujo custo é de R\$ 19.286,75 (dezenove mil duzentos e oitenta e seis reais com setenta e cinco centavos).

Além disto, foi necessário realizar o *upgrade* do receptor SF300, de sinal SF1 para sinal SF2 de código comercial PS999384. Esta ativação se faz necessário para obter maior precisão no sinal de 0,05m. O valor para adquirir este recurso de precisão é de R\$ 11.902,68 (onze mil novecentos e dois reais com sessenta e oito centavos). Todos os itens citados anteriormente e seus respectivos valores estão expostos na Tabela 01.

Tabela 1 – Itens do piloto automático com os seus respectivos valores de mercado

Item do piloto automático	Valor
Monitor GS3 2630	R\$ 22.470,00
Receptor (Star Fire) 3000	R\$ 10.486,00
Software AutoTrac SF2	R\$ 19.286,75
Upgrade de sinal SF1 para sinal SF2	R\$ 11.902,68
Valor Total	R\$ 64.145,43

Como pode ser visto na tabela acima, o custo total do sistema de piloto automático com precisão SF2 de 0,05m para ser utilizado em um trator da mesma marca de modelo 7225J, é de R\$ 64.145,43 (Sessenta e quatro mil cento e quarenta e cinco reais com quarenta e três centavos).

Portanto, para que se possa usar a orientação baseada em sistema de mapas de controle, se faz necessário que os mapas dos limites da propriedade estejam

disponíveis em forma cartográfica para traçar limites do campo e suas características físicas, o que tem um custo aproximado de R\$ 1.800,00 (um mil e oitocentos reais).

4.3 Custos inerentes à atividade de pulverização

Para este trabalho foram consideradas como fator principal, as duas aplicações anuais de herbicida, uma vez que, segundo o produtor, são as que representam maior custo para a propriedade. Consumo de combustível e oportunidade de trabalho do operador também foram relevantes para a alimentação dos dados conforme mostra a Tabela 2, sendo realizado um orçamento parcial para que fosse possível calcular a rentabilidade do sistema de precisão.

Com o orçamento parcial e a rentabilidade, foi calculada a diferença em rendas e custos para os dois sistemas alternativos com a mudança do sistema sem orientação de precisão para o sistema de piloto automático, a fim de evidenciar as vantagens econômicas, caracterizando-se pelo estudo dos princípios que determinam a distribuição dos meios escassos entre fins competitivos, quando o objetivo da distribuição é elevar ao máximo os rendimentos dos fins (ARBAGE, 2000).

Nesse estudo, especificamente, optou-se pela utilização da média geral da sobreposição encontrada nos testes de campo realizados, que é igual a 1,70m que é igual a 9,48% da largura de trabalho das barras de pulverização no sistema denominado como tradicional sem orientação de precisão; na Figura 23 é ilustrada a sobreposição gerada na aplicação entre faixas.

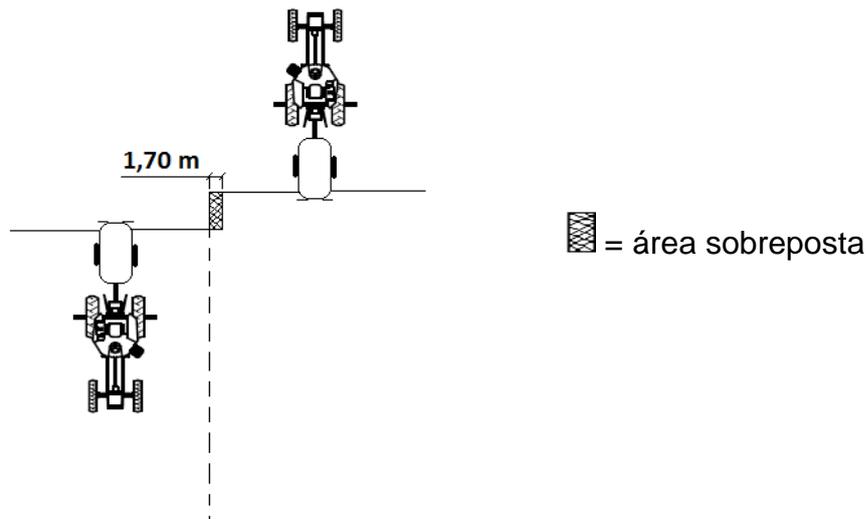


Figura 20 – Exemplo de sobreposições durante a pulverização com trator acoplado em um pulverizador de arrasto sem sistemas de orientação de precisão (imagem sem escala representativa)

Fonte: O autor.

Conforme o estudo proposto, a partir do uso do sistema de piloto automático, as economias obtidas serão: o tempo de operação, combustível e agrotóxicos perdidos devido à sobreposição.

Tabela 2 – Descrição de parâmetros assumidos para o sistema de piloto automático e sistema sem orientação de precisão

Itens	Sem orientação de precisão	Com orientação de precisão
Orientação de precisão	Nenhuma	Sinal SF2
Controle de direção na pulverização	Manual	Piloto automático
Acuidade	9,48% da largura (1,70m)	0,44% da largura (0,08m)
Velocidade (km/ha)	12	12
Consumo de combustível (L/ha)	22	22
Custo de combustível (Litro)	2,15	2,15
Número de aplicações por ano	2	2
Custo do agrotóxico para cada aplicação (herbicida) (R\$/ha)	70,00	70,00
Mão de obra (R\$/ha)	6,00	6,00
Custo oportunidade de capital (%)	10	10
Seguro anual (% do valor novo em R\$)	0,85	0,85
Manutenção anual (% do valor novo)	1	1

As análises consideraram apenas os custos e benefícios, ou seja, somente a mudança de custos variáveis, rendas e custos associados com a propriedade do sistema de precisão.

O sinal SF2 utilizado possui sistema de orientação via satélite com acuidade de aproximadamente 0,05m, desta forma, utilizando o sistema de piloto automático, considerou-se a média de sobreposição encontrada nos testes de campo para os cálculos de sobreposição sobre cada linha paralela, nos testes de campo foi encontrado o valor médio de sobreposição igual a 0,08m como mostra o esquema da Figura 24.

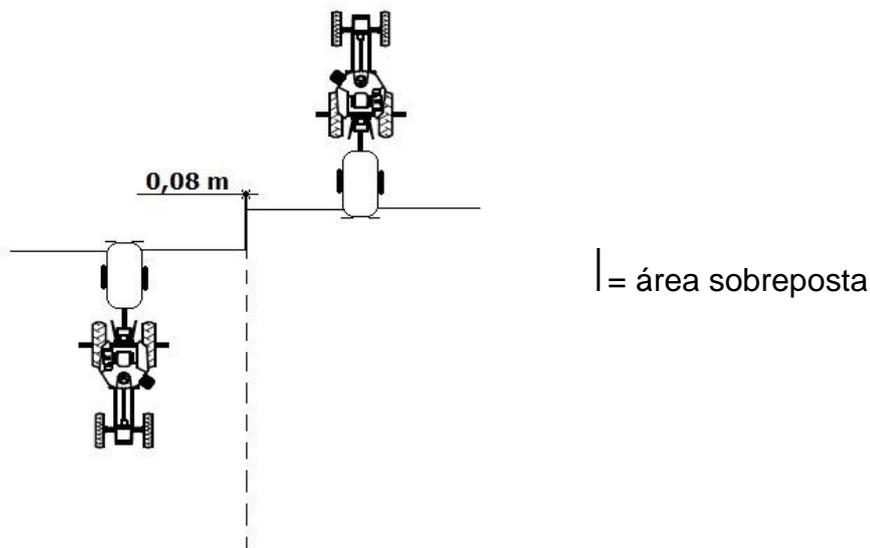


Figura 21 – Ilustração de deslocamento do trator acoplado com um pulverizador de arrasto utilizando o sistema de piloto automático com sinal de precisão (imagem sem escala representativa)

Fonte: O autor.

4.4 Análise econômica para propriedade na aquisição do sistema de piloto automático

O resultado obtido nos testes desse estudo, utilizando-se do sistema de direção sem orientação de precisão embarcada e do sistema com a utilização do piloto automático, pode-se inferir que ao utilizar o sistema sem orientação de

precisão embarcado, foi necessário realizar duas passadas adicionais na área de 20ha durante o processo de pulverização com equipamento de 18m de largura de barra. Esta distância extra de deslocamento adicional foi necessária para atender os 20ha da área como demonstrado na Tabela 3. Estas duas passadas a mais, aumentaram os custos de combustível, agrotóxico e tempo do operador, elevando a área sobreposta e exigindo maior volume de agrotóxicos para uma mesma área.

A Tabela 3 prevê estimativas da sobreposição durante a pulverização, gasto excessivo com agrotóxicos, combustível e tempo do operador requerido para o sistema sem orientação de precisão e no sistema de piloto automático sobre a área de campo retangular ensaiada.

Nos testes de campo, sem orientação de precisão, o operador do trator acoplado com o pulverizador de arrasto teve precaução para evitar falhas, sendo o resultado real da sobreposição de 9,48% (1,70m) da largura das barras do pulverizador durante o processo de pulverização sobre cada linha paralela.

Tabela 3 – Valores excedentes pela sobreposição nos 20ha estudados e economias geradas por hectare

	Pulverizador com 18 m	Piloto Automático	Sistema sem Orientação de Precisão
Campo com 20ha	Sobreposição	0,08 m	1,70 m
	Linhas transversais requeridas	26,52	29,21
	Distância extra de deslocamento (m)	-	840 m
	Área sobreposta pulverizada (ha)	0,089	1,988
	Custo do agrotóxico perdido (R\$/ha)	0,62	13,91
Economia por ha	Agrotóxico (R\$/ha)	13,29	-
	Combustível (R\$/ha)	3,83	-
	Operador (R\$/ha)	0,48	-
	Economia total (R\$/ha)	17,61	-

A economia em agrotóxicos para o sistema de precisão neste experimento foi de R\$ 13,29/ha para o equipamento de 18m de largura, a economia de combustível foi de R\$ 3,83/ha e a economia de trabalho do operador somou outros R\$ 0,48/ha.

Assim, a economia total para a área experimental foi de R\$ 17,61/ha para este tipo de pulverizador, para as duas aplicações de herbicida anual.

Os custos totais no processo de aplicação de herbicida na propriedade, considerando apenas duas aplicações anuais, estão descritos na Tabela 4, bem como os gastos da área amostrada de 20ha e da área total da propriedade.

Tabela 4 – Gastos totais para pulverização – 20ha da área ensaiada e área total da propriedade referente ao caso estudado

	Área experimental 20 ha	Área total 1.300 ha	* Gastos (R\$/ha)
Pulverizador com 18 m			
Custo com agrotóxicos (R\$)	2.800,00	182.000,00	140,00
Custo de combustível (R\$)	808,55	52.555,56	40,43
Custo do operador (R\$)	102,56	6.666,67	5,13
Custos totais (R\$)	3.711,11	241.222,22	185,56

* Gastos por hectare para as duas aplicações de herbicida (R\$/ha)

Na Tabela 5, os custos estão descritos considerando as exigências de investimentos fixos, e assumindo vida útil de dez anos ao sistema, com as estimativas dos custos fixos de cada um dos produtos.

Os custos foram amortizados em 10 anos, isto posto, assumiu-se um investimento total de R\$ 64.145,43 para o sistema de precisão (piloto automático) com custo real de capital de 4% ao ano e usado a Equação 3, no método de depreciação linear.

$$\text{Depreciação} = \frac{(\text{valor do investimento} - \text{valor de sucata (10\%)})}{\text{vida útil}} \quad (3)$$

Sendo assim, os custos fixos totais alocados a atividade de pulverização conforme a Tabela 5 é de R\$ 839,00 por ano.

Tabela 5 – Investimentos adicionais para o sistema de piloto automático com custos fixos anuais associados

Variáveis	A	B	C	D
Investimento (R\$)	64.145,43	1.800,00	28.000,00	-
Vida útil (anos)	10	10	10	-
Depreciação linear + valor de propriedade	6.671,12	187,18	2.911,98	-
Reparos anuais	641,45	-	280	-
Custos de seguro anuais	545,23	-	238	-
Custos fixos totais	7.857,81	187,18	3.429,98	-
%de uso para a atividade de pulverização	10	10	100	-
Custos fixos totais alocados a atividade de pulverização (R\$)	785,78	18,72	34,00	839,00

A = Receptor com sinal SF2, ativação, monitor e antena; B = Campo cartográfico de limites do talhão; C = Pulverizador 18 m; D = Custos fixos totais em 18 m de largura.

A Tabela 6 resume redução de custos geradas pelas duas aplicações de herbicida para a área amostrada de 20ha, bem como para a área total da propriedade, que é de 1.300ha de área útil para o plantio. Esta economia se transforma em retorno para o sistema de piloto automático (lucro) apenas para a área total da propriedade.

Tabela 6– Redução de custo prevista na propriedade para as duas aplicações de herbicida no cultivo anual de arroz irrigado, utilizando piloto automático

Pulverizador com 18m de barras	
Simulação para diferentes tamanhos de área	Valores de economia (R\$)
1ha	17,61
20ha	352,20
1.300ha	22.893,00

Nas análises efetuadas foram ignoradas possíveis economias nas negociações favoráveis que propriedades de grande porte possuem para comprar equipamentos a um baixo custo por unidade, ou vender a produções com melhor preço. Considerando apenas a eficiência técnica de diluição dos custos fixos pela aquisição das máquinas, em relação aos benefícios de sua utilização comparada a uma referida área.

A partir da análise da Tabela 6 pode-se reconhecer que estas informações não são suficientes para fazer julgamento sobre o tamanho do equipamento utilizado

neste trabalho e o tamanho ideal da propriedade, pois como afirma Mialhe (1996) a informação é reconhecida como elemento essencial na atividade econômica, pelo papel que desempenha em todos os níveis do processo de tomada de decisões e coleta de informações.

Portanto, a Tabela 6 representa uma análise parcial que considerou somente os custos adicionais da adoção do sistema de AP (piloto automático), sendo útil para julgar se o sistema é viável para o tamanho da propriedade e para o tamanho do equipamento que estava sendo utilizado durante as análises.

O valor de economia com base no investimento do sistema de piloto automático foi menor que os custos fixos anuais para a área de 20ha analisada, já para tamanhos de propriedades semelhantes à área total desta propriedade, que é de 1.300ha, o sistema se mostra lucrativo, considerando a largura de barras de 18m do pulverizador e as duas aplicações anuais de herbicida estudadas.

Com base nestes resultados, outras atividades podem ser desenvolvidas dentro da propriedade como, por exemplo, considerar a utilização do sistema para todas as aplicações anuais de agrotóxicos necessárias (ao invés de apenas duas aplicações conforme estudado), realizar preparo do solo (gradagem, subsolagem, nivelamento da área, plantio) e outras atividades relacionadas às eventuais necessidades da propriedade, o que resultaria em um retorno mais imediato do investimento.

A operação de máquinas e equipamentos agrícolas que não possuem recursos de orientação de precisão embarcada pode variar substancialmente, conforme estudos realizados anteriormente que indicam que as taxas de erro são grandes com relação a largura de aplicação do equipamento.

Conforme estudos realizados por Nieminen e Sampo apud Reynaldo (2009) e em pesquisas semelhantes realizadas por Batte e Ehsani (2006) revelam que “as taxas de erro na utilização de um pulverizador são de aproximadamente 10% da largura do pulverizador”; já outro estudo de campo realizado por Ehsani et al., apud Reynaldo (2009), afirma que a faixa de sobreposição por ele estudado variou de 0,6 a 26% da largura total da barra de pulverização. Assim, com base nestes estudos e nos testes de campo realizados neste trabalho, foi comprovada a sobreposição de 9,48% da largura total das barras fixas de 18m do pulverizador.

5 CONCLUSÕES

Após a aplicação dos métodos sugeridos neste trabalho, pode-se concluir que o sistema de piloto automático é viável para ser colocado em prática na propriedade estudada, considerando o período de amortização de 10 anos referente à vida útil dos equipamentos envolvidos.

Comparativamente, o sistema de piloto automático, em relação ao sistema de direcionamento sem orientação de precisão, mostrou-se favorável para as duas aplicações anuais de herbicida na propriedade.

Pode-se delimitar a sobreposição de agrotóxico gerado pelos diferentes sistemas de direcionamento, onde, na adoção do piloto automático foi requerida menor trafegabilidade do conjunto mecanizado, reduzindo a quantidade de agrotóxico, bem como o consumo de combustível e tempo de operação.

Contudo, conclui-se que o sistema de precisão instalado no conjunto mecanizado é vantajoso nesta propriedade pela redução do uso de agrotóxicos, dos gastos com combustíveis e o tempo do operador, gerados pela sobreposição em excesso durante as aplicações sem o uso de orientação de precisão embarcada no processo de pulverização. O retorno do investimento aumenta considerando a utilização de piloto automático em outras atividades, como por exemplo, todas as aplicações anuais de agrotóxicos necessárias, realizar preparo do solo, gradagem, subsolagem, nivelamento da área e plantio conforme às eventuais necessidades do produtor dentro da propriedade.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir deste estudo apresentaram-se as mudanças necessárias, seus investimentos e, conseqüentemente, a economia que o cliente pode obter implantando o sistema de AP em suas atividades.

Aplicando técnicas corretas é possível se adequar ao mundo moderno e dar continuidade a permanência e conquista no mercado que cada vez mais está voltado não só para o lado tecnológico, mas também para o lado humano e ambiental.

Demais benefícios obtidos na aplicação da AP podem ser utilizados como argumentos adicionais em trabalhos futuros, focados no meio ambiente, na difusão e conscientização do uso de técnicas e tecnologias que possam contribuir para a sustentabilidade do planeta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, L. M.; RIES, L. R. **Gerência agropecuária: análise de resultados**. Guaíba: Agropecuária, 1998.

ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R.; SHARP, T. C. **Agricultura de Precisão**. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/cba6/palestras/1622.pdf>>. Acesso em: 25 Agosto 2013.

ARBAGE, A. P. **Economia rural: conceitos básicos e aplicações**. Chapecó: ABEU, 2000, 305p.

BAIO, F. H. R. **Metodologia de campo para ensaios de sistemas de direcionamento e análise de investimento na aquisição de um sistema de direcionamento via satélite**. 2005. 105f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de ciências agrônômicas, Botucatu, 2005.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 187p.

BALASTREIRE, L. A. **O estudo da arte da agricultura de precisão no Brasil**. Piracicaba, 2000.

BALASTREIRE, L. A. Potencial do uso da agricultura de precisão no Brasil. In: **II Encontro Paulista de Soja**. Campinas, 2000.

BALASTREIRE, L. A.; ELIAS, I. A.; AMARAL, J. R. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade da cultura do milho. **Revista Engenharia Rural**, 1997.

BATTE, M. T.; EHSANI, M. R. **The economics of precision guidance with auto-boom control for farmer-owned agricultural sprayers**. Elsevier, 2006, 17p.

ELIAS, A. I. **Mapeamento da colheita mecanizada de grãos utilizando um sistema de posicionamento global**. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Concentração de Máquinas Agrícolas), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1998.

EMBRAPA SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006.

ERENO, L. H. **Estudo Comparativo entre a Utilização Real e a Determinada pelo Planejamento da Mecanização Agrícola em Empresas Rurais de Soja e Arroz**. Dissertação de Mestrado – UFSM, 2008.

FOCHT, D.; ROLOFF, G.; SCHIEBELBEIN, L. M. Benefícios agronômicos, ambientais e monetários do uso da agricultura de precisão em diferentes cenários brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2004.

GOERING, C. E. Recycling a concept. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 74, nov. 1993.

GOOGLE, Disponível em: <http://www.google.com.br/imgres?um=1&sa=N&biw=1536&bih=669&hl=pt-BR&tbm=isch&tbnid=Qo326AVOKYyZpM:&imgrefurl=http://pt.wikipedia.org/wiki/Ane_xo:Lista_de_munic%25C3%25ADpios_do_Rio_Grande_do_Sul&docid=e1t9zLCqGR_SuKM&imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1a/RioGrandedoSul_MesoMicroMunicip.svg&w=1167&h=1009&ei=u0PIUsbaJ8nOkQeXwYH4Dg&zoom=1&iact=rc&dur=1759&page=1&tbnh=134&tbnw=155&start=0&ndsp=28&ved=1t:429,r:1,s:0,i:82&tx=112&ty=81>. Acesso em: 16 outubro 2013.

JACTO. **Especificação técnica**: pulverizador advance 200 AM-18. Disponível em: <<http://www.jacto.com.br/produtos2.asp?id=123>>. Acesso em: 10 Junho, 2013.

JOHN DEERE. **AMS – Soluções em Gerenciamento Agrícola**. Disponível em: <<http://www.johndeere.com/produtos/AMS.htm>>. Acesso em: 03 Março, 2013.

JOHN DEERE. **Especificação técnica**: trator modelo 7815. Disponível em: <http://www.deere.com/pt_BR/ag/products/new-equipment/specs/7815.html>. Acesso em: 10 Junho, 2013.

JOHN DEERE. **GS2 Display guidance**: operator's manual. Califórnia: Deere & Company, 2012. 114p. Disponível em: <http://www.deere.com/pt_BR/ag/products/ams/barra_luz.html>. Acesso em: 25 Junho, 2013.

JOHN DEERE. **GS2 Display guidance: operator's manual**. Califórnia: Deere & Company, 2012. 114p. Disponível em: <http://dlrdoc.deere.com/sales/salesmanual/pt_BR/ams/2013/model/autotracs_sf2_gs3.html>. Acesso em: 10 Junho 2013.

JOHN DEERE. **GS2 Display guidance: operator's manual**. Califórnia: Deere & Company, 2012. 114p. Disponível em: <http://www.deere.com.br/wps/dcom/pt_BR/products/equipment/agriculture_management_solutions/displays_and_receivers/starfire_3000/starfire_3000.page>. Acesso em: 10 Junho, 2013.

JUNG, C. F. **Metodologia para pesquisa & desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Axcel Boock do Brasil, 2004.

KELLOGG, C. E. We seek; we learn. In: STEFFERUD, A. (ed.). **The yearbook of agriculture**. Washington: U. S. Department of Agriculture e U. S. Government Printing Office, 1957.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un Estudio de los Climas de La Tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948, 478 p.

LAMPARELLI, R. A. C. **Agricultura de Precisão**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/canadecacucar/arvore/CONTAG01_72_711200516719.html>. Acesso em: 21 Agosto, 2013.

LEICA. **Introducción al Sistema GPS (Sistema de Posicionamento Global)**. Versión 1.0, Impreso en Suiza - Copyright Leica. Geosystems AG, Heerbrugg, Suiza, 1999, 63p.

MACHADO, A. L. T. et al. **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. 2. ed. Pelotas: Ed. UFEL, 2005. 253p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980.

MANTOVANI, E. C. **Agricultura de precisão e sua organização no Brasil**. Agricultura de Precisão. Viçosa, MG – Brasil, 2000, p. 79 – 92.

MARCONI, M. de A. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, P. R.; RAMOS, S. F. **Impacto das Nanotecnologias na Cadeia de Produção de Soja Brasileira**. Disponível em: <http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/brasil/Lists/DocumentosTecnicosAbertos/Attachments/523/FUNDEPAB_-_207030_-_Nanotecnologia_-_NEAD.pdf>. Acesso em: 25 Agosto, 2013.

MENDES, C. I. C.; OLIVEIRA, R. M. S.; SANTOS, A. R. **Estudo do mercado brasileiro de software para o agronegócio**. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2011, p. 63.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificações**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996, 722p.

MOLIN, J. P. A realidade de hoje na agricultura de precisão. **Informativo da Fundação ABC**, Castro, 2001b.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba, 2001a.

MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, 2002.

NIEMINEN, T.; SAMPO, M. **Unmanned vehicles for agricultural and off-highway applications**. Warrendale: SAE Technical Paper, 1993, n. 932475.

PACHECO, E. P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21p. (Embrapa Acre. Documentos, 58).

PIRES, J. L. F.; CUNHA, G. R. da; PASINATO, A.; FRANÇA, S.; RAMBO, L. **Discutindo agricultura de precisão - aspectos gerais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004, 18 p.

RESENDE, A. V.; SHIRATSUCHI, L. S.; COELHO, A. M.; CORAZZA, E. J.; VILELA, M. F.; INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C.; BASSOI, L. H.; NAIME, J. M. **Agricultura de Precisão no Brasil: Avanços, Dificuldades e Impactos no Manejo e Conservação do Solo, Segurança Alimentar e Sustentabilidade** – Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/870646/1/Agriculturaprecisao.pdf>>. Acesso em: 25 Agosto, 2013.

REYNALDO, E. F. **Avaliação de controlador automático de seções e pulverização**. 2009. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de São Paulo "Luiz de Queiroz" Piracicaba, 2009.

ROLOFF, G.; FOCHT, D. Mapeamento dos atributos do solo: malha ou zona de manejo. In: BALASTREIRE, L. A. **Avanços na agricultura de precisão do Brasil no período de 1999-2001**. Piracicaba, 2002, p. 104-114.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. **Manejo de Plantas Daninhas em Lavouras de Café**. Ed. Suprema Gráfica e Editora. Viçosa: Minas Gerais, 2001, 94p.

SEARCY, S. W. Engineering systems for site-specific management: opportunities and limitations. In: INTERNATIONAL MANAGEMENT FOR AGRICULTURAL SYSTEMS, 1, 1995, Estados Unidos. Estados Unidos: **Proceedings**, 1995.

SEBEM, E. et al. **Fundamentos de Cartografia e o Sistema de Posicionamento Global GPS**. Santa Maria: UFSM, 2010, 205p.

SERRANO, J. M.; PEÇA, J. O.; MENDES, J.; SERRAZINA, H. **Novas perspectivas na utilização de distribuidores de adubo: inovação e avaliação**, Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABUDwAH/apostila-mecanizacao-distribuicao-fertilizantes>>. Acesso em: 10 Setembro, 2013.

SILVA, C. B.; MORETTO, A. C.; RODRIGUES, R. L. **Viabilidade Econômica da Agricultura de Precisão: O Caso do Paraná**, Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/12/12O499.pdf>>. Acesso em: 12 Julho, 2013.

STAFFORD, J. V. Spatially variable field operations. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 14, 1996.

VALENTINI, M. L.; GIMENEZ, L. M. O que você precisa saber sobre agricultura de precisão. **Informativo Fundação ABC**, Castro, ano 2, n. 9, 2000.

ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 3. ed. Viçosa: UFV7DFP, 2008, 464p.