

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE PULVERIZAÇÃO COM
BASE EM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Lucas dos Santos Jobim

**Santa Maria, RS, Brasil
2017**

Lucas dos Santos Jobim

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE PULVERIZAÇÃO COM
BASE EM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós – Graduação Profissional em Agricultura de Precisão da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

Orientadora: Prof^a. Dra. Claire Delfini Viana Cardoso

Santa Maria, RS, Brasil.

2017

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

Jobim, Lucas dos Santos

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE PULVERIZAÇÃO COM
BASE EM AGRICULTURA DE PRECISÃO / Lucas dos Santos
Jobim.- 2017.

65 p. ; 30 cm

Orientadora: Claire Delfine Viana Cardoso

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em
Agricultura de Precisão, RS, 2017

1. Agricultura de Precisão 2. Pulverização aérea 3.
Pulverização tratorizada 4. Pulverização autopropelida I.
Cardoso, Claire Delfine Viana II. Título.

Lucas dos Santos Jobim

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE PULVERIZAÇÃO COM
BASE EM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós – Graduação Profissional em Agricultura de Precisão da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

Aprovado em 05 de setembro de 2017:

Claire Delfini Viana Cardoso, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Alessandro Carvalho Miola, Dr. (UFSM)

Simone Pohl Alves, Dra. (FAS)

Santa Maria, 05 de setembro de 2017.

DEDICATÓRIA

A persistência é o menor caminho do êxito, e a família e amigos o melhor combustível.

“Amor Eterno Amor”

“Cabe ao homem compreender que o solo fértil, onde tudo que se planta dá, pode secar; que o chão que dá frutos e flores pode dar ervas daninhas, que a caça se dispersa e a terra da fartura pode se transformar na terra da penúria e da destruição. O homem precisa entender, que de sua boa convivência com a natureza, depende sua subsistência e que a destruição da natureza é sua própria destruição, pois a sua essência é a natureza; a sua origem e o seu fim.”

Elizabeth Jhi.

AGRADECIMENTOS

Agradecer a DEUS pela saúde e força para sempre seguir meus objetivos.

Um agradecimento especial para minha esposa Jéssica Jardim de Souza, pela compreensão, apoio e torcida que tem e sempre me dedicou, muito obrigado, isso aqui tem muito de ti também.

Agradecer a meus pais Vanderlei Jobim da Silva e Cristiana dos Santos Jobim, minha irmã Wanderléia dos Santos Jobim, que sempre me apoiaram nas diversas fases da minha vida, e me alicerçaram durante as dificuldades encontradas no caminho, obrigado, tenho orgulho de cada um de vocês e de fazer parte desta família.

À Escola Técnica Nossa Senhora da Conceição, à direção pelo apoio e credibilidade, sempre me apoiando e sendo compreensivos nas liberações para que eu pudesse me dirigir às aulas na UFSM.

Ao amigo Carlos Streck, colega de mestrado, da escola, da Tecnoagros Consultoria Rural, e compadre, que em toda a caminhada do mestrado esteve me auxiliando e apoiando, acompanhando em viagens à universidade e por partilhar conhecimentos durante as trocas de ideias, obrigado.

Agradecimento especial à minha Professora orientadora Claire Delfini Viana Cardoso, que sempre esteve disponível a me ajudar, sempre sendo infinitamente atenciosa, compreensiva e competente em suas orientações. Muito obrigado Professora!

Ao Programa de Pós Graduação em Agricultura de Precisão, em especial ao amigo Juliano, aos professores Elódio Sebem e Telmo Amado, assim como aos demais professores que formam o conjunto profissional do nosso mestrado.

Ao Colégio Politécnico e a UFSM pela oportunidade de cursar o Mestrado.

Aos colegas do Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão.

Aos demais amigos e parentes por me apoiarem com palavras de incentivo e compreensão nos encontros casuais que não pude me fazer presente.

RESUMO

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE PULVERIZAÇÃO COM BASE EM AGRICULTURA DE PRECISÃO

AUTOR: LUCAS DOS SANTOS JOBIM

ORIENTADORA: CLAIRE DELFINI VIANA CARDOSO

O processo de Agricultura de Precisão propõe e implementa sistemas de automação e controle de pulverização em máquinas agrícolas, sistema utilizado de forma generalizada e universal nas mais diversas culturas agrícolas. Este trabalho avalia a eficiência da aplicação entre as diferentes técnicas de pulverização que utilizam a tecnologia de Agricultura de Precisão, como a tratorizada (terrestre), autopropelida (terrestre) e com aeronaves(aérea), com finalidade comparativa de itens como precisão de aplicação, velocidade de trabalho, deposição de gotas e custo operacional. A região de pesquisa situa-se no Município de Cachoeira do Sul, região Central do Rio Grande do Sul, onde a atividade agropecuária tem intensa participação. O projeto foi desenvolvido em uma área experimental situada no interior do Município de Cachoeira do Sul. Foram realizadas aplicações de defensivos químicos utilizando-se de três diferentes técnicas, sendo que todas têm como base a utilização da tecnologia de Agricultura de Precisão. As técnicas de pulverização que estão sendo avaliadas são a terrestre tratorizada, terrestre autopropelida e aérea, sendo a metodologia baseada em avaliação da acurácia do sistema de GPS, deposição de gotas no alvo (cartões hidrossensíveis), tempo de trabalho, custo de aquisição de máquinas e terceirização (baseado em pesquisas orçamentárias locais). Os resultados de acurácia dos sistemas de navegação mostraram-se mais favoráveis para o pulverizador autopropelido, seguido pelo tratorizado e na sequência o avião, mas ambos os sistemas avaliados mantiveram a média padronizada de precisão de cada sistema de navegação. Em relação à deposição de gotas no alvo a pulverização autopropelida se mostrou mais eficiente (maior chegada ao alvo e menor deriva). Em relação ao tempo de trabalho, a pulverização aérea se mostrou muito superior em velocidade, seguida pelo autopropelido e por último o sistema tratorizado. Quanto aos custos de aquisição de equipamento expressaram-se sequencialmente em ordem decrescente iniciando pela aeronave agrícola, pulverizador autopropelido e tratorizado, sendo o que o custo médio de terceirização de serviços se mantiveram empatados entre o autopropelido e aplicação aérea e o sistema tratorizado se mostrando mais caro que os demais. Dessa forma conclui-se que o melhor sistema de pulverização é aquele se adapta à condição de campo e dispêndio de investimento financeiro, de acordo com a realidade do produtor.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão. Pulverização. Aplicação aérea. Aplicação terrestre.

ABSTRACT

EVALUATION OF DIFFERENT SPRAYING TECHNIQUES BASED ON PRECISION AGRICULTURE

AUTHOR: LUCAS DOS SANTOS JOBIM

ADVISOR: CLAIRE DELFINI VIANA CARDOSO

The Precision Agriculture process proposes and implements spraying automation and control systems in agricultural machines, a system widely used and universal in the most diverse agricultural cultures. This work evaluates the efficiency of the application among the different spraying techniques that use Precision Agriculture technology, such as tractors (terrestrial), self-propelled (terrestrial) and aircraft (aerial), with a comparative purpose of items such as precision of application, speed of work, drops deposition and operational cost. The research region is located in the Municipality of Cachoeira do Sul, central region of Rio Grande do Sul, where agricultural activity has intense participation. The project was developed in an experimental area located in the interior of the Municipality of Cachoeira do Sul. Applications of chemical pesticides were made using three different techniques, all of which are based on the use of Precision Agriculture technology. The spraying techniques that are being evaluated are the terrestrial tractorized, terrestrial self-propelled and aerial, being the methodology based on evaluation of the accuracy of the GPS system, drop drops on the target (hydrosensitive cards), working time, cost of acquisition of machines and outsourcing (based on local budget research). The accuracy results of the navigation systems were more favorable for the self-propelled sprayer, followed by the tractor and in the airplane sequence, but both evaluated systems maintained the standardized average of precision of each navigation system. Regarding droplet deposition on the target, self-propelled spraying was more efficient (greater target arrival and less drift). In relation to the working time, aerial spraying showed much higher speed, followed by self-propelled and lastly the tractorized system. As for the equipment acquisition costs, they were sequentially expressed in decreasing order starting with the agricultural aircraft, self-propelled sprayer and tractor, and the average cost of outsourcing services remained tied between the self-propelled and aerial application and the tractor system if it showed more expensive than the others. In this way, it is concluded that the best spray system is that it adapts to the field condition and expenditure of financial investment, according to the reality of the producer.

Keywords: Precision agriculture. Pulverization. Aerial application. Land application.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Variação média na precisão do sistema de navegação	49
Gráfico 2 – Número de gotas/cm ² e tamanho médio da gota	51
Gráfico 3 – Média de hectares pulverizadas/hora.....	52
Gráfico 4 – Custo médio regional de aquisição de pulverizadores	53
Gráfico 5 – Custo médio regional de terceirização de pulverização	54
Gráfico 6 – Técnicas de pulverização e relação das variáveis	55

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo da AP em três etapas.....	19
Figura 2 - Dispositivo barra de luzes.....	28
Figura 3 - Avião agrícola equipado com barra de luzes.....	28
Figura 4 - Sistema de orientação com tela.....	29
Figura 5 - Topper 4500 STARA®	30
Figura 6 - Pulverizador Fênix 2000 STARA®	33
Figura 7 - Pulverizador autopropelido Gladiador 2300 STARA®.....	36
Figura 8 - Atomizador para aplicação aérea.....	38
Figura 9 - Aeronave agrícola Ipanema®	39
Figura 10 - Desenho técnico e medidas do Ipanema®	40
Figura 11 - Disposição das parcelas de pulverização.....	42
Figura 12 - Pulverização com pulverizador de arrasto.....	43
Figura 13 - Aplicação com pulverizador autopropelido.....	44
Figura 14 - Aplicação com aeronave Ipanema®	44
Figura 15 - Esquema de divisão e alinhamento.....	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	Objetivo geral.....	14
1.1.2	Objetivos específicos.....	14
2	JUSTIFICATIVA	15
3	REVISÃO DA LITERATURA	17
3.1	AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	17
3.2	CONDUÇÃO FITOSSANITÁRIA DA LAVOURA.....	20
3.3	AGRICULTURA DE PRECISÃO EM PULVERIZAÇÃO.....	22
3.3.1	Automação e controle de pulverização	23
3.3.1.1	<i>Eletrônica embarcada</i>	24
3.3.1.2	<i>Atuadores de instrumentação agrícola</i>	25
3.3.1.3	<i>Controladores eletrônicos de pulverização</i>	25
3.3.2	Sistemas de navegação por GPS	26
3.3.2.1	<i>Sistema de barra de luzes</i>	27
3.3.2.2	<i>Topper 4500 STARA®</i>	29
3.4	PULVERIZAÇÃO TRATORIZADA.....	31
3.4.1	Pulverizador Fênix 2000 STARA®	32
3.5	PULVERIZAÇÃO AUTOPROPELIDA.....	33
3.5.1	Pulverizador autopropelido Gladiador 2300 STARA®	34
3.6	PULVERIZAÇÃO AÉREA.....	36
3.6.1	Aeronave agrícola Ipanema®	38
4	MATERIAL E MÉTODOS	41
4.1	LOCAL DA PESQUISA.....	41
4.2	PESQUISA DE CAMPO.....	41
4.3	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	42
4.4	TESTE DE ACURÁCIA DOS EQUIPAMENTOS DE NAVEGAÇÃO.....	45
4.5	ANALISE DE CHEGADA DAS GOTAS DE CALDA NO ALVO.....	46
4.6	TEMPO DE TRABALHO.....	47
4.7	ESTUDOS DIRIGIDOS SOBRE PULVERIZAÇÃO.....	47
4.8	PESQUISA ORÇAMENTARIA.....	47
4.9	ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE PESQUISA.....	48

5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
5.1	ACURÁCIA DOS EQUIPAMENTOS DE NAVEGAÇÃO	49
5.2	CHEGADA DAS GOTAS NO ALVO	50
5.3	TEMPO DE TRABALHO	52
5.4	CUSTOS ENVOLVIDOS.....	53
5.5	RESULTADOS GERAIS.....	55
6	CONCLUSÕES.....	56
	REFERÊNCIAS.....	58
	APÊNDICE A - CARTÕES HIDROSSENSÍVEIS.....	64
	APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO SOBRE TEMPO MÉDIO DE TRABALHO....	64
	APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO DE VALORES MÉDIOS.....	65

1 INTRODUÇÃO

Segundo Pierce & Nowak (1999) uma de suas definições, a agricultura de precisão (AP) consiste de um conjunto de princípios e tecnologias aplicados no manejo da variabilidade espacial e temporal associada à produção agrícola, objetivando aumentar a produtividade das culturas e a qualidade ambiental, sendo que em termos práticos, envolve a obtenção e processamento de informações detalhadas e georreferenciadas sobre as áreas de cultivo agrícola, buscando definir estratégias de manejo mais eficientes, como por exemplo, o uso otimizado de insumos.

Nas últimas décadas, o modelo de produção agrícola sofreu profundas mudanças em sua matriz produtiva, o que gera um aumento nos custos de produção, bem como a legislação ambiental, que se tornou mais rígida em áreas agricultáveis, o que tem exigido dos produtores maior eficiência nas áreas de cultivo. Assim, também a pulverização agrícola, atividade realizada inúmeras vezes ao longo do ciclo das culturas, passou por várias inovações aumentando eficiência no uso dos defensivos agrícolas. Estas inovações vieram através da utilização racional dos agroquímicos, de pontas de pulverização adequadas a cada tipo de aplicação e através do uso de pulverizadores de maior porte, com tecnologia embarcada que proporcionam maior eficiência e rendimento operacional, sendo que novos desafios estão por vir, pois vários estudos demonstram que até 70% dos defensivos aplicados podem ser perdidos pela má aplicação, escoamento e deriva descontrolada (STARA[®]01, 2012).

De acordo com Resende (2010) o desenvolvimento da AP de certa forma ainda recente, iniciou no Brasil há pouco mais de uma década, mas apresenta grande potencial de aplicabilidade na produção de grãos e em culturas perenes, contribuindo de forma positiva para a garantia da segurança alimentar, com sustentabilidade econômica e ambiental. As técnicas fatoriais associadas à AP despertam crescente interesse no meio acadêmico e entre aqueles que se dedicam à atividade agropecuária no Brasil, incluindo uma ampla gama de produtores rurais e, principalmente, fabricantes de equipamentos, prestadores de serviços e consultores agrícolas.

Atualmente existem áreas muito expressivas, ocupadas sobretudo por culturas anuais já manejadas sob enfoque da AP, destacando-se a utilização de amostragem georreferenciada para o mapeamento da fertilidade do solo e posterior aplicação de corretivos e fertilizantes a taxa variável. O impacto mais imediato do tratamento diferenciado das lavouras em relação ao manejo de corretivos e fertilizantes tem sido a possibilidade de economia de insumos comparativamente ao manejo tradicional, no qual se utilizam dosagens uniformes em área total baseadas na condição média de fertilidade de cada talhão (RESENDE, 2010).

A condução das culturas agrícolas em grande parte se faz por meio da utilização de defensivos químicos, e é uma prática de elevada importância para a obtenção de altos rendimentos na exploração agrícola. Contudo, seu êxito está ligado à correta tecnologia de aplicação. É necessário que ocorra boa deposição no alvo, como mínima perda por escorrimento e por deriva (Cunha *et al.*, 2008). Além de estudar fatores inerentes às plantas infestantes e pragas a serem controladas, é imprescindível também estudar fatores inerentes à aplicação, como o tamanho e a densidade de gotas, as perdas para o solo e por deriva, o equipamento pulverizador, o volume de calda e as pontas de pulverização (SOUZA *et al.*, 2007; VIANA *et al.*, 2007).

Para o sucesso da aplicação dos defensivos, além de se conhecer a natureza do produto, também é necessário dominar a forma adequada de aplicação, de modo a garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando as perdas e reduzindo a contaminação do ambiente (Cunha *et al.*, 2005). Muitas vezes, parte do produto aplicado perde-se no ambiente, principalmente pela má qualidade da aplicação, seja ela terrestre ou aérea, sendo este um dos maiores problemas da agricultura moderna a ser superado (Cunha *et al.*, 2006). Pouco adiantará produzir a gota adequada, se o produto não atingir o alvo (CARVALHO, 2007).

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é uma ferramenta que pode ser usada para maximizar a produção agrícola, e sendo assim, existe a aplicação aérea que é uma opção presente em grande parte das regiões produtoras de grãos no Brasil. Dessa forma a utilização do sistema aéreo de pulverização em algumas culturas tem crescido muito, principalmente pela

impossibilidade de entrada de máquinas terrestres em fases mais adiantadas da cultura, porém pouca informação científica existe a respeito de sua eficácia, principalmente em comparação à aplicação convencional. Dependendo da fase de desenvolvimento da planta, a aplicação terrestre pode causar a redução do número de plantas da lavoura, área fotossintética e assim perdas de grãos, reduzindo expressivamente a produção (SILVA, 2004).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência da aplicação entre as diferentes técnicas de pulverização que utilizam a tecnologia de Agricultura de Precisão, como a tratorizada (terrestre), autopropelida (terrestre) e com aeronaves (aérea), com finalidade comparativa de itens como precisão de aplicação, velocidade de trabalho, deposição de gotas e custo operacional.

1.1.2 Objetivos específicos

- Desenvolver estudos dirigidos sobre pulverização terrestre e aérea acompanhando as aplicações terrestre, tratorizada e autopropelida assim como aérea analisando as diferentes técnicas de Agricultura de Precisão empregadas em cada sistema e sua acurácia;
- Realizar o levantamento orçamentário dos custos de investimento ou terceirização das três técnicas de pulverização; assim como o respectivo tempo médio de trabalho de cada técnica de aplicação;
- Avaliar e caracterizar os tipos de aplicação de produtos agroquímicos a partir de cartões hidrossensíveis, através de dados de campo.
- Organizar as informações coletadas no acompanhamento das diferentes aplicações, para a comparação das mesmas;

2 JUSTIFICATIVA

De acordo com Schueller (1992) Agricultura de Precisão - AP é entendida como um método de administração cuidadosa e detalhada do solo e da cultura para adequar as diferentes condições encontradas em cada espaço de cultivo, tendo em vista a desuniformidade intrínseca dos solos.

A agricultura de precisão caracteriza-se por apresentar um conjunto de técnicas agrícolas, que através da identificação da variabilidade espacial e temporal, possibilita o manejo localizado de diversos fatores, em busca de maiores produtividades e racionalização de insumos (MILANESI, 2015).

O cenário da produção agrícola atual do estado do Rio Grande do Sul está em constante crescimento. Com isso as culturas necessitam de controle de pragas e o uso de fitorreguladores, fertilizantes líquidos ou sólidos, dentro dos agroquímicos utilizados nos mais diferentes tipos de cultivos. Esse controle passa pela exigência técnica e parâmetros cientificamente comprovados e aplicados, para que os resultados esperados sejam eficientes, econômicos e seguros para quem os utilizam, aqui incluídos os operadores das máquinas aplicadoras, consumidores da produtividade agrícola e principalmente o meio ambiente (PIRES *et al.*, 2004).

Na utilização de aeronaves agrícolas (aviões e helicópteros), os cuidados são maiores e alguns diferentes daqueles observados nos equipamentos terrestres, tais como: efeitos aerodinâmicos do voo, faixa de deposição das gotas maior do que a extensão das barras de pulverização, menores vazões por área, maior distanciamento das barras de pulverização e bicos em relação ao alvo de deposição, pressões mais baixas e possibilidades do ajuste das gotas para compensação em relação às variações climáticas durante as aplicações, sem necessidade da troca do tipo dos bicos e do volume por área. Os produtos a serem utilizados deverão estar registrados para o uso e aplicação com aeronaves agrícolas (SANTOS, 2017).

Dentro desta ótica, os equipamentos de pulverização e aplicação, deverão ser manuseados e utilizados corretamente. A diversidade em termos de modelos, capacidades e sistemas operacionais dos pulverizadores, exigem diferenças no manejo, definição ou conhecimento das limitações técnicas e

operacionais, operadores treinados e montagem correta e adequada dos bicos, de acordo com o modo de ação dos defensivos a serem utilizados, tipo e localização do alvo e em relação as condições climáticas variáveis no local de aplicação. Contudo, as variáveis de velocidade de trabalho, custo operacional e de aquisição, aliados ao fator de desempenho de aplicação mais deposição de gotas, tornam-se questões seguidamente lembradas e que geram discussões sobre as vantagens e desvantagens de cada técnica, o que justifica esse estudo.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 AGRICULTURA DE PRECISÃO

A Agricultura de Precisão (AP) ainda gera curiosidade pela tecnologia e o futuro que ela representa. Após uma década e meia no país, ainda existem seguidores de posições mais conservadoras, entretanto, o avanço é inegável, houve amadurecimento, o mercado se estabeleceu e a academia trouxe os resultados que são sustentados cientificamente. A rede de Agricultura de Precisão, durante os últimos anos de atividade, buscou responder à questões básicas que ainda, de certa forma, estão abertas e mostrar quais ainda permanecerão sem resposta por um determinado tempo.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), ao delinear a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP) em 2012, descreveu a Agricultura de Precisão como um sistema de gerenciamento agrícola baseada na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente (MAPA, 2012).

Um sistema de gestão que leva em conta a variabilidade espacial da área agrícola com o objetivo de obter um resultado sustentável econômico, ambiental e social. No entanto, percebe-se que há uma expectativa muito grande por parte da sociedade, de que as máquinas e equipamentos por serem sofisticados, façam os trabalhos autonomamente reduzindo a necessidade de intervenção humana. Mas os equipamentos, por mais sofisticados que sejam ainda não realizam a gestão da lavoura, apenas auxiliam o agricultor a identificar a variabilidade, a analisá-la e a intervir junto desta, ajustando doses conforme planejado em um mapa construído durante a etapa de análise. Sendo assim, o produtor com percepção mais apurada se torna um requisito fundamental para o sucesso do sistema (EMBRAPA, 2014).

De forma didática há dois tipos de erros: o antrópico e o natural. O erro antrópico pode ser corrigido na grande maioria das situações por meio de uso e escolha correta das máquinas. A eletrônica embarcada pode auxiliar para que as operações sejam menos dependentes da habilidade e experiência do

operador, mantendo a máquina dentro dos parâmetros de operação aceitável. Entretanto, o retorno econômico nesse caso é obtido somente se a operação de forma manual apresentar um erro significativo, e quanto maior o erro, a correção causará maior economia ou maior impacto econômico (INAMASU & BERNARDINI, 2014).

O primeiro passo é identificar a variabilidade espacial da lavoura, sendo que as formas mais comuns aplicadas são por meio de amostragem em grade, realizada por empresas de serviço, e mapas de produtividade (ou de colheita) obtidos por meio de sensores instalados nas máquinas colhedoras. Em qualquer uma das situações, há necessidade de um investimento e, na maioria dos casos, os custos não são considerados baixos. Em caso de amostragem de solo, a qualidade do mapa depende do processo de retirada da amostra e da qualidade da análise, pois esse método é o convencional, mas depende também da quantidade de amostras (EMBRAPA, 2014 p. 25).

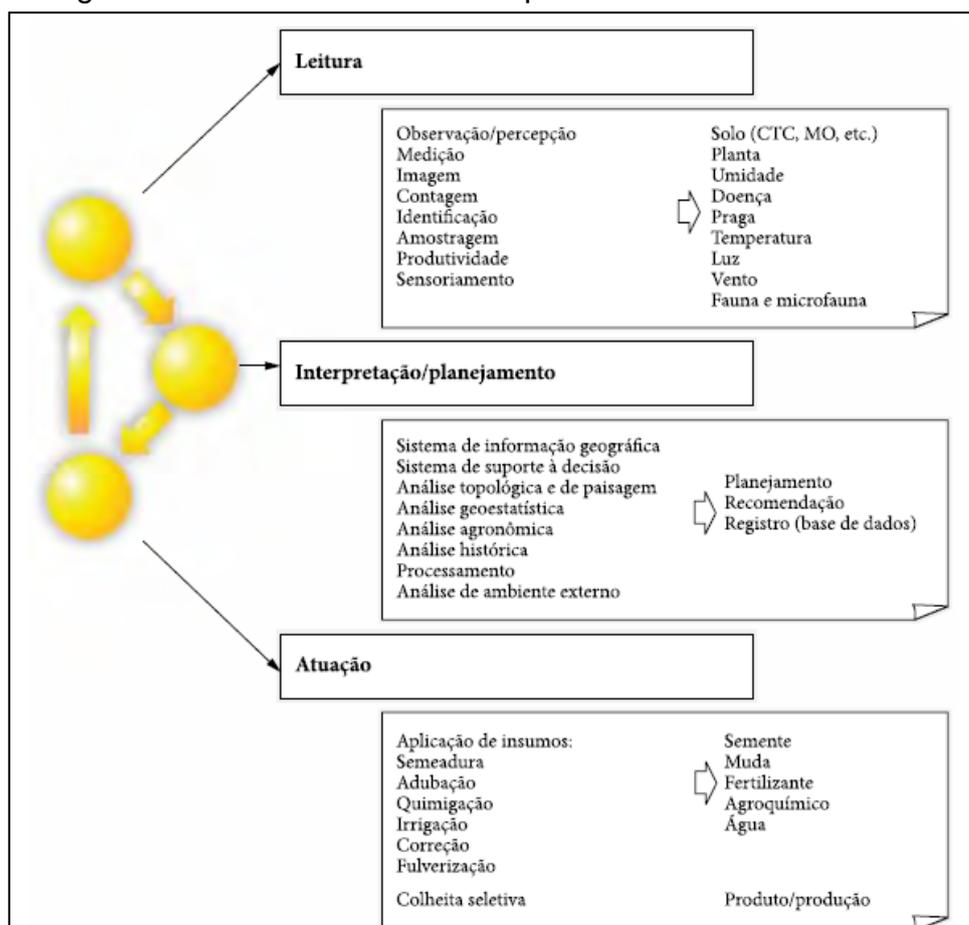
Muitos realizam uma amostra a cada cinco hectares, outros alcançam uma amostra a cada hectare, porém esse refinamento pode não ser suficiente, pois há possibilidade de que haja variações entre as leituras, as quais deveriam ser consideradas para aplicação de insumo à taxa variada. Para cada local há um número recomendável de amostras, quantidade esta que pode ser determinada por meio do cálculo de dependência espacial dos dados, ferramenta matemática emprestada da geoestatística. A amostragem em grade na quantidade realizada atualmente não é suficiente para obter um mapa com qualidade para aplicação de insumos como o de fertilizantes, muito embora, é preferível ter uma amostra a cada cinco hectares do que a cada vinte hectares e assim por diante (INAMASU & BERNARDINI, 2014, p.25).

Mais do que orientar o número de amostragem, mais importante ainda é o local (coordenada geográfica) do ponto de amostragem e como é o formato da fronteira entre as áreas com características distintas. Nessas condições, a interpolação como krigagem encontra as condições matematicamente corretas para o seu emprego. Outra forma importante é o conhecimento do produtor, porque esta hipótese fundamenta-se no que o produtor ou algum funcionário fortemente relacionado com o histórico da terra e do local possua, mesmo que de forma empírica. Esse conhecimento pode ser registrado em um mapa,

mesmo que seja uma ilustração qualitativa da área da forma como que o produtor entende ser o seu domínio (EMBRAPA, 2014 p. 26).

A Figura 1 não é regra absoluta, mas está suficientemente detalhada para que se perceba que há um número elevado de elementos que ainda não estão adequadamente tratados pela AP (INAMASU & BERNARDINI, 2014).

Figura 1- Ciclo da AP em três etapas.



Fonte: Inamasu & Bernardini, 2014

Molin (2004) lista causas da variabilidade e grau de dificuldade para a sua intervenção e conclui que muitas das prováveis causas são do tipo que não permitem intervenções e sim exigem a convivência. A discussão do retorno econômico em Agricultura de Precisão, portanto, depende da propriedade assim como da intensidade da variação da produção, o que a faz variar e a estratégia a ser adotada. Atualmente, aplicam-se insumos à taxa variada como fertilizantes, corretivos e defensivos.

3.2 CONDUÇÃO FITOSSANITÁRIA DA LAVOURA

Desde os primórdios da humanidade, quando tribos que viviam do extrativismo passaram a selecionar determinadas espécies alimentícias e a cultivá-las, estabelecendo, assim, a agricultura, também começaram a enfrentar problemas decorrentes de ocasionais danos causados às plantas cultivadas por diferentes organismos (Pereira, 2013). Quando os agentes são organismos microscópicos, como vírus, bactérias, fungos e outros mais, os efeitos danosos sobre as espécies de cultivo são denominados “doenças” ou “enfermidades”. Quando os danos são causados por insetos, ácaros, roedores ou outros organismos visíveis a olho nu, estes são considerados “pragas” das lavouras. Ao longo da história, ataques de pragas ou doenças às lavouras e aos animais de criação ocasionaram graves consequências sociais e econômicas. Outro grupo de organismos prejudiciais à agricultura são as chamadas “ervas daninhas” ou “inços”. São plantas que brotam de forma espontânea entre as plantas cultivadas e com estas competem por nutrientes, água e luz solar, reduzindo a produtividade e podendo, em alguns casos, inviabilizar totalmente a produção. Pois dificultam o acesso às plantas cultivadas e a posterior colheita. Quando em pastagens, algumas plantas espontâneas são tóxicas se ingeridas pelos animais (PEREIRA, 2013).

Segundo Minguela (2010) é necessário o controle de pragas, doenças e inços nas lavouras, vários métodos foram desenvolvidos, ao longo dos séculos, com eficiência variável. Há uma grande variedade de procedimentos, métodos e técnicas, que, para efeitos didáticos, encontram-se citados a seguir:

- métodos mecânicos, físicos ou culturais: tratamento térmico (calor ou frio); irradiação de sementes; capina de ervas daninhas; podas em espécies perenes; barreiras vegetais; consorciação ou intercalação de cultivos; rotação de culturas; cultivo em ambientes protegidos (casas de vegetação, estufas);
- método convencional e técnicas de manipulação genética (da qual resultam organismos geneticamente modificados ou transgênicos); melhoramento genético de plantas em busca de resistência a pragas ou doenças:

- controle biológico de pragas: Utilização de organismos que atuam como inimigos naturais (predador, parasita ou patógeno) daqueles considerados pragas das lavouras, no controle de sua população;
- tratamento químico de plantas e partes de plantas: constitui o método de controle mais difundido.

Segundo Brechelt (2004), a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) resume Manejo Integrado de pragas (MIP) como “uma metodologia que emprega todos os procedimentos aceitáveis desde o ponto de vista econômico, ecológico e toxicológico para manter as populações de organismos nocivos abaixo dos níveis economicamente aceitáveis, aproveitando, da melhor forma possível, os fatores naturais que limitam a propagação de referidos organismos”.

O MIP se baseia em quatro bases, sendo a exploração do controle natural, níveis de tolerância das plantas aos danos causados por pragas, monitoramento das populações para tomada de decisão e conhecimento da biologia, ecologia da cultura e de suas pragas. A intervenção ocorre quando o monitoramento indica o chamado “nível de controle” e procura evitar que se alcance o “nível de dano econômico”. Desse modo, vários métodos de controle podem ser utilizados, principalmente a aplicação de agroquímicos (Waquil, Viana e Cruz, 2006).

O controle químico, por mais eficiente que seja, sempre acaba causando poluição ao meio ambiente, desta forma, reduzir o número de aplicações e a quantidade de produto utilizada torna-se chave para reduzir impactos ao meio ambiente. Sendo assim, a utilização de técnicas de agricultura de precisão, voltadas ao mapeamento geoespacializado das plantas daninhas nos cultivos agrícolas apresenta-se como ferramenta promissora. Atualmente, vários sistemas podem realizar simultaneamente a detecção e eliminação de plantas daninhas, sendo que estes sistemas têm sido desenvolvidos visando a aplicação de diferentes herbicidas, em diferentes doses e combinações de ingredientes ativos (i. a.). Vários estudos relatam a existência de uma ampla gama de equipamentos para identificação de plantas daninhas (BALASTREIRE; BAIO, 2001)

Sendo assim, a agricultura de precisão vem para facilitar o manejo e controle das plantas daninhas, onde busca identificar uma população de plantas daninhas em uma área de plantio direto, utilizando suas técnicas.

3.3 AGRICULTURA DE PRECISÃO EM PULVERIZAÇÃO

Segundo a Brasquímica[®] (2017) um método agrícola eficaz para o controle de pragas e doenças, independente da área da lavoura, é a pulverização agrícola. A técnica realiza a proteção das lavouras em grande escala, permitindo o aumento da produtividade e a segurança da matéria prima. A pulverização agrícola é indicada para todos os tipos de cultivos e garante mais segurança à matéria prima cultivada, seja para eliminar e controlar plantas invasoras ou prevenir doenças nocivas que diminuem a qualidade da colheita. Os componentes utilizados para fazer esse controle geralmente são comercializados de forma concentrada, sendo necessária à sua diluição. Para que esse processo seja realizado com segurança e eficácia são utilizados os pulverizadores, que atuam na fragmentação do líquido em gotas. Assim, as plantas recebem a quantidade necessária do produto a ser aplicado, sem comprometer sua saúde e qualidade.

De acordo com Alonso (1998) a pulverização nada mais é do que reduzir um corpo em pequenos fragmentos e borrifar em gotas. E assim sendo, o pulverizador é todo equipamento capaz de produzir gotas, em função de uma determinada pressão exercida sobre a calda (produto químico mais água). O sucesso de uma boa pulverização depende de um bom pulverizador, bom produto químico, operador treinado, boa qualidade de água, pH ideal e condições de tempo favoráveis. É da maior importância que o administrador agrícola providencie o treinamento e a capacitação de seus técnicos e operadores de máquinas, pois isso propicia práticas que melhoram a uniformidade, a exatidão e a segurança das pulverizações. Aplicações mais precisas e mais uniformes podem reduzir a quantidade de ingredientes ativos requerida para um dado controle. Aplicações bem executadas reduzem os custos dos tratamentos e minimizam os efeitos poluentes. Os parâmetros

ambientais (vento, umidade relativa do ar, temperatura, etc.), a máquina utilizada (tipo, regulagem, deslocamento) e a superfície a ser tratada (folha, caule, sementes, solo) são os principais elementos que determinam, em cada caso, um comportamento ideal do defensivo em sua trajetória até o alvo.

De maneira geral, um critério que conduz a resultados satisfatórios é o de se começar por determinar na planta, onde a praga e a doença se localizam. A partir desta informação realiza-se uma regressão, chegando ao órgão de aplicação do defensivo (bicos de pulverização) e finalmente a máquina (pulverizador) e suas regulagens. Em resumo, uma boa pulverização requer uma tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas e a colocação de um produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade adequada, de forma econômica e com riscos mínimos de contaminação ambiental (ALONSO, 1998).

Novas tecnologias estão sendo desenvolvidas na área de aplicação de defensivos para proporcionar aos produtores maiores e melhores resultados na produtividade agrícola em suas lavouras. Dentre essas novas tecnologias podemos citar os computadores de bordo que controlam todo o sistema de pulverização, sensores de alvos biológicos, GPS e os mapas digitais de aplicação, piloto automático, robótica e outros. Muitas dessas tecnologias ainda estão sendo testadas e desenvolvidas e somente deverão entrar em operação nos próximos dez anos. Atualmente, os pulverizadores autopropelidos e os novos aviões agrícolas já estão sendo equipados com algumas dessas avançadas tecnologias e os resultados são extremamente satisfatórios, trazendo maior precisão na aplicação associado a menores custos, e isto está mostrando o caminho para as empresas fabricantes sobre esse grande potencial do atual mercado (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2017).

3.3.1 Automação e controle de pulverização

Segundo Cruvinel (2000), o panorama mundial aponta claramente para um futuro em que a agricultura dependerá inevitavelmente da automação. A automação contribui de forma preponderante para gerar sustentabilidade no

processo produtivo e também para fomentar o desenvolvimento econômico e social. A aplicação da automação é ampla e permite potencial de contribuição em várias áreas. O processo de Agricultura de Precisão propõe e implementa sistemas de automação e controle de pulverização em máquinas agrícolas, equipamento utilizado de forma generalizada e universal nas mais diversas culturas agrícolas. O uso da automação e controle de pulverização ocorre a partir da utilização da eletrônica embarcada e viabiliza a aplicação localizada de insumos em quantidades variáveis e em tempos específicos, otimizando custos de produção e insumos, colaborando para que níveis de produtividade pré-estabelecidos para uma determinada cultura sejam obtidos.

3.3.1.1 Eletrônica embarcada

A utilização de eletrônica embarcada na agricultura brasileira ocorreu de forma sequencial. No período entre 1970 e 1980, a agricultura não contava com os benefícios eletrônicos, mesmo porque a eletrônica na época era pouco utilizada no país. Praticamente toda forma de manuseio com o solo e suas culturas eram feitas mecanicamente, com máquinas que ofereciam poucos recursos e alto custo para os usuários. Depois de 1980, surgiram as primeiras máquinas com alguma tecnologia e recursos, mas que ainda apresentavam um custo elevado. Também existia o paradigma de que uma máquina eletrônica não iria suportar as condições do campo, além da confiabilidade e precisão do sistema eletrônico serem duvidosas. Mas isso, no decorrer da década de 1980 foi sendo quebrado com melhorias elétricas e mecânicas em relação aos primeiros protótipos de máquinas com módulos eletrônicos. A partir de 1990, houve a explosão do uso da eletrônica na agricultura, com a implantação de sistemas suportando tecnologias cada vez mais confiáveis, com recursos prontos e de fácil utilização, além de apresentar resistência às intempéries e alta precisão. As máquinas sofreram uma considerável queda nos custos, tornando-as acessíveis e mais atraentes para pequenos e médios produtores (BALASTREIRE, 2000).

Atualmente a eletrônica embarcada na agricultura é baseada na utilização de computadores de bordo, softwares e sistemas de informações geográficas via satélite (GPS), com objetivos de monitorar a operação das máquinas, realizar o controle automático e registrar dados para análise posterior. As vantagens do uso da eletrônica embarcada estão na melhoria da qualidade da produção, redução das perdas e desgastes, ajuda no planejamento do negócio e proteção ao meio ambiente (SARAIVA, 2006).

3.3.1.2 Atuadores de instrumentação agrícola

Marconato (2007) descreve o atuador como um elemento que produz ações, atendendo a comandos que podem ser manuais ou automáticos. Existe uma infinidade de elementos atuadores, e entre os mais utilizados na automação de instrumentos agrícolas estão os atuadores de movimento induzido por cilindros pneumáticos ou cilindros hidráulicos, os motores hidráulicos e elétricos e dispositivos rotativos com acionamento de diversas naturezas. Na automação da atividade de pulverização, os atuadores clássicos são os reguladores de pressão de pulverização, geralmente baseados na utilização de motores elétricos.

3.3.1.3 Controladores eletrônicos de pulverização

Os controladores eletrônicos de pulverização utilizados na agricultura geralmente atuam sobre o comando de pulverização (também conhecido como comando de defensivo) e/ou bomba de pulverização. O comando de pulverização permite a regulação da pressão do circuito de pulverização bem como a distribuição do líquido nos segmentos da barra de pulverização. A bomba de pulverização gera o fluxo de líquido para o comando a partir do tanque. O tanque tem a função de armazenar, proteger e transportar o líquido a ser pulverizado. A função básica dos controladores eletrônicos de pulverização é manter constante a quantidade de líquido por unidade de área independentemente das variações da velocidade de trabalho do pulverizador. A

medição da vazão de líquido e da velocidade de trabalho do pulverizador é realizada a partir de sinais gerados por sensores indutivos. O operador necessita informar ao controlador, via teclado, a dose desejada de defensivo por hectare e o controlador irá fazer a regulagem automática da pressão dependendo da velocidade de trabalho para garantir a dose ajustada pelo operador (MARCONATO, 2007).

3.3.2 Sistemas de navegação por GPS

De acordo com Perosa (2000) o Sistema de Posicionamento Global, conhecido pela sigla GPS (*Global Positioning System*), teve sua origem No Departamento de Defesa dos Estados Unidos e é obtido através de um conjunto de satélites trabalhando simultaneamente. Nessa constelação de satélites estão efetivamente ativados, quatro são utilizados para assegurar o funcionamento contínuo e por longo tempo do sistema GPS. Esses quatro satélites são utilizados como elementos redundantes no sistema, assegurando o funcionamento do sistema mesmo com ocorrência de falhas em um ou mais satélites. Os satélites orbitam a Terra e geram sinais que permitem apontar posições em qualquer lugar do mundo, de forma ininterrupta, 24 horas por dia. O sistema foi considerado totalmente operacional em 1995 e é controlado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, que fornece dois tipos de serviço: *Standard* e *Precision*. Os serviços estão disponibilizados em qualquer parte do mundo. O sistema está dividido em três partes: espacial, de controle e utilizador. O segmento espacial é composto pela constelação de satélites. Já o segmento de controle é formado pelas estações terrestres dispersas pelo mundo ao longo da Zona Equatorial e o segmento do utilizador consiste num receptor que capta os sinais emitidos pelos satélites. O GPS é baseado no raio de ação dos satélites. Isto significa que qualquer posição na Terra pode ser descoberta medindo-se a distância a partir de um grupo de pelo menos quatro satélites no espaço. Os satélites atuam como pontos de referência para triangular a posição em algum lugar da Terra, possibilitando assim o princípio da trilateração (HURN, 1999).

Considerado o mais exato sistema de navegação global dos dias atuais, o GPS pode aumentar sua precisão utilizando uma técnica conhecida como GPS diferencial. O GPS pode alcançar precisões nas medidas menores do que um metro, possibilitando sua utilização em diferentes aplicações. O uso do GPS na topografia já está bastante difundido e permite o cálculo de posições com precisão centimétrica (Perosa, 2000). Na agricultura o GPS diferencial (DGPS) permite medição precisa da área dos talhões e também o controle de pulverização, uma vez que com o auxílio de computadores e programas adequados, são realizadas duas atividades: o rastreamento da área e o mapeamento do grau de infestação de pragas para que posteriormente o controlador de pulverização controle a quantidade de produtos químicos necessários para a aplicação de defensivos. Em tratores e pulverizadores, o GPS também é utilizado em dois sistemas, sendo eles a barra de luz que é um equipamento utilizado para a orientação de um veículo em faixas adjacentes, diminuindo a sobreposição da operação agrícola entre passadas consecutivas e o piloto automático, que é um equipamento que guia o veículo sem a necessidade de intervenção do operador (MARCONATO, 2007).

3.3.2.1 Sistema de barra de luzes

A orientação com GNSS (Sistemas de Navegação Global por Satélites ou *Global Navigation Satellite Systems*) surgiu no início da década de 1990 na aviação agrícola, direcionada para percursos retos. O piloto se guiava por uma sequência de LEDs (luzes) enfileiradas num pequeno painel, o que passou a ser denominado de barra de luzes (Figura 2). As luzes acendem na medida em que a aeronave se afasta do alinhamento predeterminado, induzindo o piloto a reagir e manter o avião na rota. Esse alinhamento é gerado pelo piloto na primeira passada, e as demais são sempre paralelas à primeira e afastadas da distância equivalente à largura de uma faixa de deposição, também definida pelo piloto antes do início da tarefa (MOLIN, 2015).

Figura 2 – Dispositivo barra de luzes.



Fonte: AGNAVE, 2017

As primeiras barras de luzes em aviões agrícolas (Figura 3) no Brasil são de 1995, até então o piloto era totalmente dependente de dois sinalizadores (operadores de bandeiras) que se posicionavam nas cabeceiras da lavoura e se deslocavam em distâncias equivalentes à largura das faixas de aplicação. O avião somente poderia voar em um segundo talhão, na mesma sequência, se neste houvesse outros dois sinalizadores (SANTOS, 2015).

Figura 3 – Avião agrícola equipado com barra de luzes.



Fonte: Amaral, 2015

Segundo Molin (2015) o início do uso de barras de luzes para aplicações terrestres se deu na operação de pulverização (pulverizador tracionado pelo

trator ou autopropelido) e utilizadas apenas na demarcação da primeira pulverização em uma lavoura já estabelecida, deixando marcados os rastros, os quais os operadores seguiam nas demais aplicações. As barras de luzes evoluíram para outras formas de visualização com a popularização das telas de cristal líquido e, posteriormente, das telas sensíveis ao toque. No início da década de 2000 surgiram as soluções para percursos com curvas, o que exigia mais atenção dos operadores aos indicadores visuais, e assim, as telas indicando percursos no formato de “estrada virtual” surgiram, facilitando ao operador a visualização e a previsão para reagir e esterçar corretamente o veículo. Mesmo assim, os fabricantes tendem a manter o indicador tipo barras de luzes na parte superior ou inferior da tela para aqueles usuários que preferem esse tipo de indicador visual conforme a Figura 4.

Figura 4 – Sistema de orientação com tela.



Fonte: GeoAgri, 2017

3.3.2.2 Topper 4500 STARA®

A Stara®02 (2017) define o Topper 4500 (Figura 5) como um controlador completo para Agricultura de Precisão, possui grande capacidade de processamento e visualização de mapas com informações da aplicação, tem sistema com proteção contra variações elétricas da máquina, pois conta com bateria interna e não desliga o controlador ao dar partida no motor. A

plataforma de *software* é estável, sendo amplamente utilizada em equipamentos já consagrados no mercado. Ele é compatível com mapas de prescrição e rastreabilidade no formato *shapefile*, assim como o mapa de rastreabilidade gera arquivos em formato PDF. Possibilita enviar o sinal de DGPS para outros equipamentos e conta com modo *replay*, permitindo visualizar na própria tela os trabalhos realizados anteriormente, com velocidade configurável e visualização da taxa aplicada.

Sua tela guia apresenta estrada virtual com setas de direção equivalentes a uma barra de luzes, possui opcional de piloto automático, função de retorno ao ponto, a criação de bordaduras, marcação de bandeiras, bordaduras, talhões e trabalhos, além de todas as configurações em pen drive. Opera com três tipos de sinal, sendo eles o sinal livre, sinal RTK e o sinal pago. Na pulverização tem as funções de desligamento automático de seções, monitoramento do nível de produto no reservatório, é compatível com todos os modelos de bicos de pulverização disponíveis no mercado e também com bicos personalizados, permite uso de sensor de pressão, piloto automático e é disponível com 5 ou 7 seções (STARA[®]02, 2017).

Figura 5 – Topper 4500 STARA[®].



Fonte: STARA[®], 2017

3.4 PULVERIZAÇÃO TRATORIZADA

Brenha *et al.* (2014) diz que a ciência denominada tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários busca o desenvolvimento de técnicas que atendam as necessidades do setor produtivo, buscando melhorar a eficiência biológica do tratamento fitossanitário, aumentar a capacidade operacional dos pulverizadores, reduzir custos nas aplicações e, sobretudo, diminuir os riscos ambientais. Os produtos fitossanitários têm sido ferramentas importantes na agricultura há muitos anos, promovendo o controle de insetos-praga, agentes patogênicos e plantas invasoras. Este controle permite que o potencial produtivo dos cultivos seja alcançado para atender a demanda por alimentos de uma população que está em constante crescimento.

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários pode ser definida como o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade requerida, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1990).

Na aplicação de defensivos, a deposição e a distribuição da calda pulverizada sobre o solo podem ter influência de fatores como o volume de água, velocidade de deslocamento do pulverizador, declividade do terreno, tipo de equipamento e, principalmente, do diâmetro das gotas pulverizadas. A seleção apropriada das pontas é determinante para a melhoria das condições de precisão e segurança na aplicação de defensivos (Almeida, 2014). Ainda segundo este autor, a seleção apropriada das pontas é determinante na quantidade aplicada por área, uniformidade e cobertura da aplicação e no controle de plantas daninhas. Porém, Cunha (2008) alertava que fatores como altura de lançamento da gota em relação ao alvo, densidade do líquido pulverizado e temperatura do ar podem influenciar na perda por deriva.

Existe uma demanda do setor produtivo agrícola por maior rendimento no processo de aplicação de defensivos realizado por pulverizadores acoplados e/ou de arrasto tratorizados e autopropelidos. Esta demanda tem impulsionado os fabricantes de pulverizadores a desenvolverem máquinas equipadas com barras de pulverização cada vez mais largas e o resultado, até 500 hectares

aplicados em um único dia, dependendo do volume de aplicação. Aumentar a largura da barra de pulverização de pulverizadores e uma forma de conseguir maior eficiência de campo do pulverizador (ROMAN, 2015)

A oscilação vertical de barra tem sido a principal responsável por deriva nas aplicações, pois ocorre a exposição do jato de calda a distâncias maiores das recomendadas em relação ao alvo expõe gotas de menor tamanho, peso e velocidade de deposição ao arrasto pelo ar circundante. Os sensores de barra, também conhecidos por sensores automáticos de altura, chegam ao mundo dos pulverizadores para preencher esta lacuna, com o objetivo desta nova tecnologia evitar que a barra do pulverizador ultrapasse os limites mínimos e máximos de distância entre os bicos de pulverização e solo ou superfície vegetal, e assim, permitindo que a calda aplicada tenha distribuição uniforme na área tratada (ROMAN, 2015).

3.4.1 Pulverizador Fênix 2000 STARA®

Os pulverizadores de arrasto Fênix 2000 possuem um reservatório esférico com capacidade para 2.000 litros, desta forma proporcionam mais estabilidade durante a aplicação. As barras de pulverização do Fênix 2000 são construídas com materiais leves e altamente resistentes, o que aumenta a durabilidade do equipamento, permitindo trabalhar com velocidades superiores, garantindo estabilidade incomparável das barras e proporcionando maior qualidade na aplicação. A abertura das barras pode ser hidráulica (H) ou eletro-hidráulica (E). As barras possuem um sistema de quadro e barras pendular que permite trabalhar com maior velocidade mantendo a estabilidade das barras, o que proporciona melhor desempenho do conjunto trator/pulverizador, garantindo a qualidade na aplicação. É o único pulverizador do mercado com capacidade de 2.000 litros e com barras de 18, 21 ou 24 metros, com elevado grau de tecnologia agregada que proporciona maior autonomia e rendimento. Os pulverizadores Fênix H e E possuem bomba de pulverização com sistema de pistão e membranas (STARA®03, 2017).

Segundo a Stara[®]03 (2017, p. 02),

“o rodado possui regulagem de abertura de 1,80 a 2,10 m ou 2,10 a 2,40 metros, com fácil regulagem da posição de rodado, que proporciona a adequação do mesmo entre as linhas da cultura ou do rodado do trator. A altura do chassi em relação ao solo (vão livre) é de 70 centímetros”.

Incorporador e lava-frascos com sucção de até 250 l/min, com opção de reabastecimento direto com o próprio pulverizador. O Fênix 2000 H (Figura 6) é equipado com o Topper 4500, que possui controlador de vazão, DGPS, desligamento automático de seções e piloto automático (opcional), tudo em um único equipamento (STARA[®]03, 2017).

Figura 6 – Pulverizador Fênix 2000 STARA[®].



Fonte: STARA[®], 2017

3.5 PULVERIZAÇÃO AUTOPROPELIDA

Lobo Júnior (2004) caracterizou os pulverizadores autopropelidos como máquinas muito rápidas, de alto desempenho, conseguindo desenvolver velocidades operacionais entre 15 e 30 km/h durante a aplicação de

agroquímicos. Em situações extremamente favoráveis, é possível com esses equipamentos conseguir alcançar velocidades operacionais próximas dos 40 km/h. A cabine deve ser hermeticamente fechada, impedindo qualquer possibilidade de contaminação do operador por agroquímicos. Visibilidade, espaço, conforto e facilidade no controle dos sistemas eletrônicos são as palavras-chave para esses equipamentos. As barras de pulverização podem ser instaladas na parte traseira ou na parte frontal dos pulverizadores autopropelidos. As barras de pulverização possuem total acionamento hidráulico e medem de 15 a 48 metros de comprimento em média.

Um pulverizador autopropelido de barras pulverizando o volume de 100 litros em uma lavoura de soja ou um turbo pulverizador pulverizando um volume de 500 litros de calda em uma lavoura de citros, apresentarão um rendimento médio de 350 hectares/dia e de 25 hectares/dia em 10 horas de trabalho respectivamente, em condições normais de operação com as máquinas (SANTOS, 2015).

No Estado do Mato Grosso, nas extensivas áreas planas cultivadas com soja, algodão, entre outras, pulverizadores autopropelidos com mais de 30 metros de largura de barra desenvolvem velocidades de até 35 km/h. Realidade atingida graças ao “piloto automático”, a barras de pulverização construídas com fibra de carbono e equipadas com sensores automáticos de altura e controladores de pulverização para a abertura ou fechamento automático de seções ou bicos (BRENHA et al., 2014).

3.5.1 Pulverizador autopropelido Gladiador 2300 STARA®

O pulverizador autopropelido Gladiador 2300 apresenta grande autonomia de trabalho, possibilitando a pulverização de até 450 ha/dia. Este modelo tem ótimo desempenho nos mais variados tipos de terrenos e relevos. A uniformidade de aplicação é garantida pelo sistema autonivelante do quadro de barras. Possui sistema de suspensão pneumática ativa, possibilitando que fique permanentemente calibrado, com maior aderência e absorção de impactos em relação ao solo. A cabine do Gladiador é grande, confortável e possui ar-condicionado para conforto do operador. Seu reservatório de calda

tem capacidade para 2.300 litros, e o sistema de transmissão é do tipo hidro 4x4 com motores axiais e redutores que proporcionam um maior torque e arrancada com maior velocidade. A bomba tripla é a responsável pelo controle de três funções diferentes e independentes: sistema de pulverização, direção e movimentação das barras (STARA[®]04, 2017).

Segundo a Stara[®]04 (2017) a suspensão do Gladiador 2300 (Figura 7) é pneumática ativa, garantindo maior aderência e absorção dos impactos, sendo assim é o sistema que articula a ponta da barra no caso de colisão com algum obstáculo durante a aplicação. Exclusivo sistema de amortecimento e sistema autonivelante que estabiliza as barras em terrenos com variações topográficas. Altura de vão livre do eixo até o solo é de 1,60 metros. Bitolas com variáveis de 2,80 até 3,50 metros, e o espaçamento entre bicos é de 50 cm, sendo a altura de aplicação de 0,65 a 2,25 metros, com barras de 27 metros. Também possui piloto automático Responsável pela diminuição considerável das falhas e sobrepases na aplicação de defensivos, pois elimina o erro humano nas aplicações em modo reto e modo curva. É um sistema robusto e confiável instalado no sistema hidráulico do autopropelido que garante menor tempo de resposta. Este sistema reduz consideravelmente os efeitos de amassamento, sendo possível o controle de tráfego para os próximos trabalhos. Dentre as vantagens estão:

- menos amassamento;
- mais rendimento operacional;
- mais conforto e produtividade para o operador.

Figura 7 – Pulverizador autopropelido Gladiador 2300 STARA®.



Fonte: STARA®, 2017

3.6 PULVERIZAÇÃO AÉREA

Com base nas informações citadas por Santos (2015) a pulverização com aeronaves agrícolas é o grande trunfo da atividade, pela rapidez de execução, quando a comparamos com os pulverizadores terrestres tratorizados de barras ou pulverizadores autopropelidos. Um avião médio, tipo IPANEMA®, operando com sua carga operacional de 500 litros (carga máxima operacional total de 700 litros) pulverizando um volume de 15 litros/hectare (BVO-Baixo Volume Oleoso) ou 50 litros/hectare (citros), poderá apresentar um rendimento aproximado de 100 hectares e 50 hectares por hora respectivamente, tendo-se a pista de pouso e decolagem há uma distância máxima de 5 km do centro da área a ser pulverizada e a extensão do “tiro” (comprimento de cada passada) com um mínimo de 500 metros. No caso de pulverizadores terrestres, em condições de chuvas intensas ou solos encharcados a operacionalidade torna-se bastante crítica ou não executável. O que não ocorreria para as aeronaves agrícolas, tornando-as bastante vantajosas. A grande vantagem proporcionada pelas aeronaves agrícolas no que se refere à rapidez ou rendimento da aplicação, apresenta-se como um argumento bastante atraente sob o ponto de vista do efeito desejado dos produtos quando visamos o momento certo

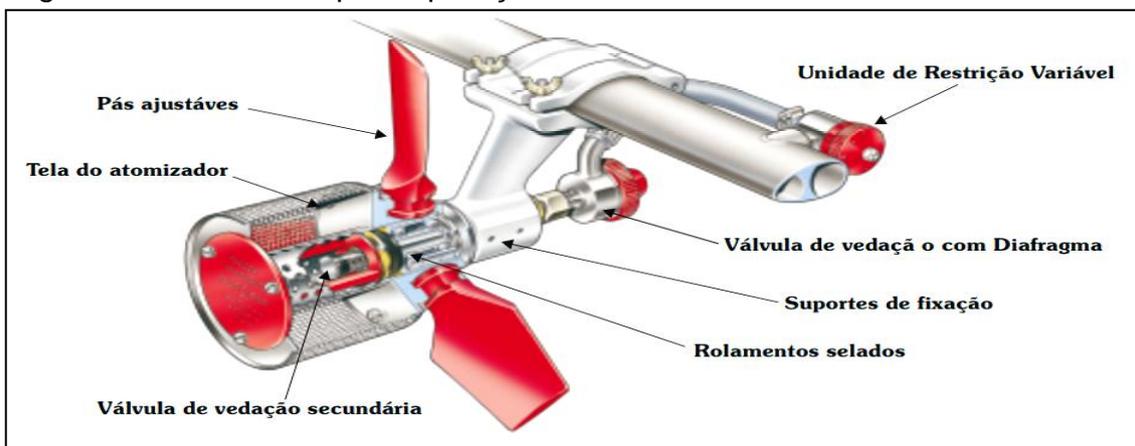
("timing") do controle do alvo desejado, qualquer que seja a sua natureza (doenças, insetos, ácaros, plantas invasoras). Na prática, porém, isto não ocorre com frequência devido ao baixo número de aviões na frota brasileira – aproximadamente 1500 aviões agrícolas na safra 2013/2014 – em relação a área possível de ser aplicada com aviões agrícolas (SANTOS, 2015).

Em decorrência das condições climáticas variáveis durante o dia, infestações irregulares de pragas e muitas vezes, lavouras contratadas pelos prestadores de serviços bastante distantes entre si e a serem atendidas pelo mesmo avião no mesmo dia ou em curto espaço de tempo, fazem com que a aplicação seja efetuada fora do momento certo, mais econômico e eficiente contra a praga ocasionando frustrações e migrações dos produtores para pulverizadores autopropelidos. Somam-se a isto, a sobrecarga operacional de cada avião, onde as aplicações subseqüentes normalmente vão ocorrer em condições climáticas desfavoráveis ao modo de ação do defensivo, causando derivas prejudiciais danosas às áreas vizinhas, pessoas, animais e meio ambiente (Santos, 2015). Uma aplicação bem feita e eficaz efetuada com aviões agrícolas se traduz por geração, distribuição e deposição de gotas adequadas sobre um alvo biológico pré-definido. Entretanto devido a fatores como tipo, quantidade e distribuição dos bicos nas barras de pulverização dos aviões, altura de vôo, volume de calda, diâmetros e quantidade de gotas não ajustados antes e durante as pulverizações, a uniformidade de aplicação poderá ser sensivelmente comprometida, já que frequentemente não são executadas na prática, mesmo com profissionais treinados em curso específicos para o piloto, técnico agrícola e engenheiros agrônomos credenciados (SANTOS, 2015).

A pulverização aérea utiliza pontas do tipo atomizador (Figura 8). Este utiliza uma tela rotativa para produzir gotas em pulverização, e esta técnica possibilita um espectro estreito de diâmetro de gota, para maior eficiência e economia na aplicação de produtos líquidos. O atomizador é movido pelo fluxo de ar produzido pela aeronave em vôo, atuando sobre três pás de hélice altamente eficientes. Estas têm o passo (ângulo) ajustável, permitindo ajustar a velocidade de rotação, para produzir o tamanho de gota desejado. Cada atomizador pode atuar com uma vazão na faixa de 0-23 litros/ minuto. Isto

permite que a mesma instalação possa ser usada em uma larga faixa de volumes de aplicação, desde ultra baixo volumes (UBV) até aplicações convencionais de 20-50 litros/hectare. Esta larga faixa de ajustes de volumes de aplicação, combinada com o ajuste fácil do diâmetro de gota, permite que a aeronave seja recalibrada para diferentes técnicas de aplicação, em minutos (AGROTEC, 2017).

Figura 8 – Atomizador para aplicação aérea.



Fonte: Agrotec, 2017

3.6.1 Aeronave agrícola Ipanema®

De acordo com a Embraer (2017), o avião é equipado com motor a pistão de 6 cilindros, de fácil manutenção, que gera 300HP de potência, com aumento de 20 HP no motor a etanol. Tem hélice tripá, com rotação constante, passo variável e *spinner* em alumínio polido. O Ipanema (Figura 9) é uma aeronave monoposto com cabine de fibra de vidro e janelas de acrílico, possui estrutura tubular e facão com cabo defletor para proteção contra redes elétricas, garantindo maior segurança. O vigia superior garante maior visibilidade nas manobras (balão), os manetes de controle (potência, hélice e mistura) com regulagem de fricção e comandos de voo leves e precisos, proporcionando uma excelente manobrabilidade.

Figura 9 – Aeronave agrícola Ipanema®.



Fonte: Embraer, 2017

Esta aeronave agrícola possui dois tanques de combustível totalizando 292 litros, sendo 264 utilizáveis e sistema de chave seletora (fechado, esquerdo e direito). Amortecedor de grande absorção de impacto e rodas de 8" com sistema de freio a disco, permitindo o pouso em todos os tipos de pista. Sistema de pulverização de 2" com bomba de acionamento eólico, barra "Y" com filtro (para evitar entupimento dos bicos), barras aerofólicas baixas e bicos (sendo 36 de plástico e 6 flexíveis de bronze). O seu *hopper* é de fibra de vidro com capacidade para 950 litros, caixa de alijamento de 26" e válvulas de abastecimento em ambos os lados, permitindo maior agilidade e flexibilidade da operação. Suas medidas podem ser conferidas na Figura 10 (EMBRAER, 2017).

Figura 10 – Desenho técnico e medidas do Ipanema®.



Fonte: Embraer, 2017

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DA PESQUISA

O projeto desenvolveu-se em uma área experimental, situada na propriedade rural denominada Granja Monumento, situada na localidade de Palma, interior do Município de Cachoeira do Sul, região Central do Rio Grande do Sul com coordenadas geográficas Latitude 30°12'59.29"S e Longitude 53°10'21.39"O. A propriedade pertence ao agricultor Sr.Giovani Leopoldo Meller, que autorizou a realização dos trabalhos em sua lavoura. O produtor trabalha com pecuária e culturas agrícolas de inverno e verão, tendo disponibilizado a área agrícola para o desenvolvimento da pesquisa de campo. Sendo que os trabalhos de pulverização foram desenvolvidos pela empresa Agrospray® do Brasil.

4.2 PESQUISA DE CAMPO

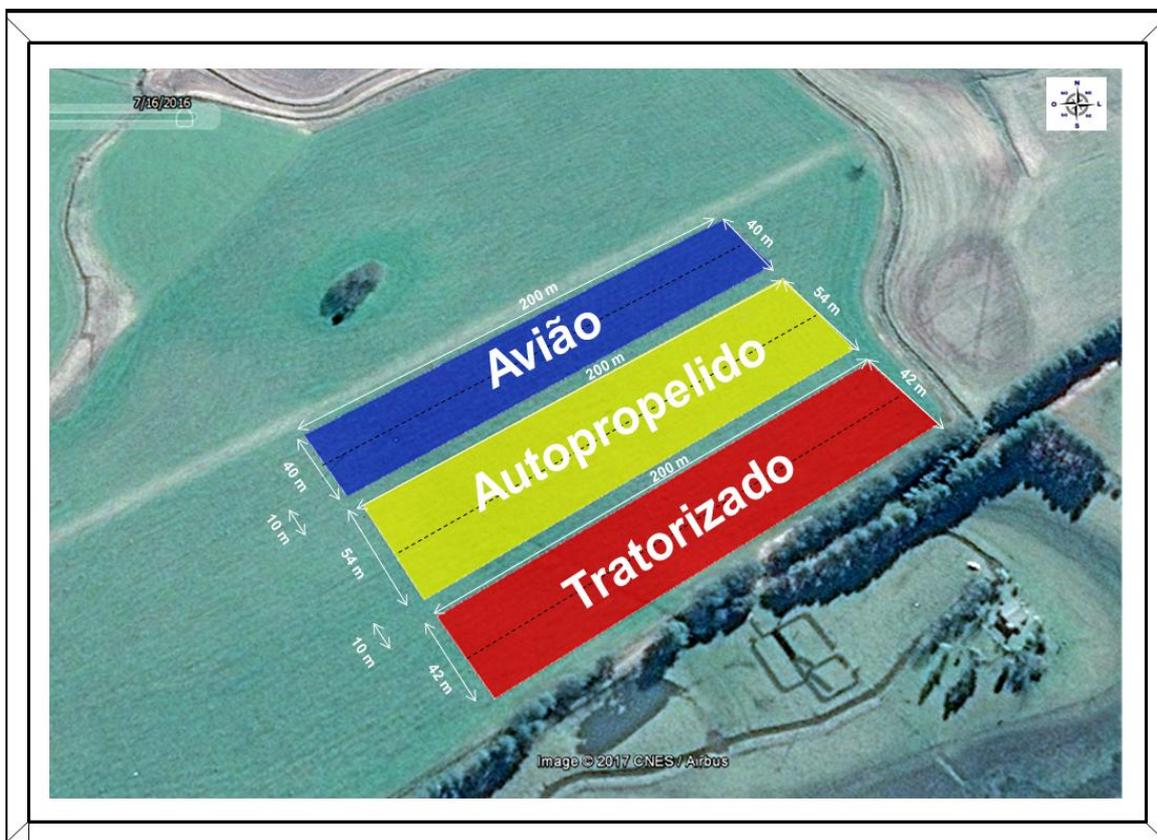
Realizou-se três aplicações de defensivos químicos, no caso, de inseticida na cultura do trigo que se encontrava na fase de V5, utilizando-se de três diferentes técnicas, sendo elas a pulverização terrestre tratorizada, terrestre autopropelida e aérea, todas tendo como base a utilização da tecnologia de Agricultura de Precisão. O trabalho de campo foi desenvolvido no início do mês de julho, sendo que as aplicações ocorreram entre as 15 e 18 horas, com umidade relativa do ar de 52%, temperatura média de 28 graus e velocidade do vento de aproximadamente 9 km/h.

As pulverizações dos três tratamentos ocorreram no mesmo dia, para que os fatores climáticos fossem padrão, assim como o relevo da topografia local por se tratar do mesmo talhão de cultivo. Foi realizado o acompanhamento de uma pulverização tratorizada, com a finalidade de poder observar e coletar dados sobre a deposição de gotas no alvo principal da aplicação. No dia da aplicação as condições climáticas atenderam as faixas

ideais de pulverização, com temperatura em torno de 27 graus e umidade relativa do ar aproximada de 50%, e velocidade do vento entre 5 e 12 km/h. Se os valores ultrapassarem os parâmetros pré estabelecidos as aplicações seriam canceladas e remarçadas para uma data conveniente.

Cada parcela (tipo de pulverização) tinham as medidas necessárias para efetuar duas passadas longitudinais no talhão, sendo que o espaçamento entre uma área de pulverização e outra possuía um vão livre de 10 metros conforme a Figura 11, com a finalidade de não influenciar os resultados por sobreposição da aplicação ao lado. As aplicações iniciaram pelo tratamento tratorizado, seguido pelo autopropelido e por último o aéreo.

Figura 11 – Disposição das parcelas de pulverização.



Fonte: Google Earth® Pró, 2017

4.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os equipamentos utilizados na pesquisa foram modelos usuais da Região Central do Rio Grande do Sul, tendo expressão em número de

exemplares nas propriedades rurais do Município de Cachoeira do Sul, assim como as respectivas vazões em cada seguimento. Estes equipamentos também de representam bem a tecnologia de pulverização e eletrônica embarcada mais utilizada na região. Também vale ressaltar a parceria com produtores locais que disponibilizaram seus tratores e pulverizadores para os testes, assim como empresas do Município que auxiliaram na logística de campo, coleta dos dados e tratamento dos mesmos. Utilizou-se para pulverização terrestre tratorizada o equipamento Stara[®] modelo Fênix 2000 litros (Fig. 12), com 5 sessões e tecnologia embarcada do modelo Topper[®] 4500, e a vazão por hectare de 100 litros de calda.

Figura 12 – Pulverização de inseticida com pulverizador de arrasto.



Fonte: Arquivo pessoal

A pulverização autopropelida foi feita com o pulverizador Stara[®] modelo Gladiador 2300 litros (Fig. 13), munido de 5 sessões, com tecnologia embarcada do modelo Topper[®] 4500, e a vazão por hectare de 70 litros de calda.

Figura 13 – Aplicação com pulverizador autopropelido.



Fonte: Arquivo pessoal

No terceiro acompanhamento de pulverização utilizou-se o recurso de aplicação aérea, com a aeronave da marca Ipanema[®] modelo 230, com capacidade de reservatório de 700 litros, munido de atomizadores e tecnologia embarcada do tipo barra de luz, sendo a vazão de distribuição de 12 litros de calda por hectare como visto na Figura 14.

Figura 14 – Pulverização com aeronave Ipanema[®].



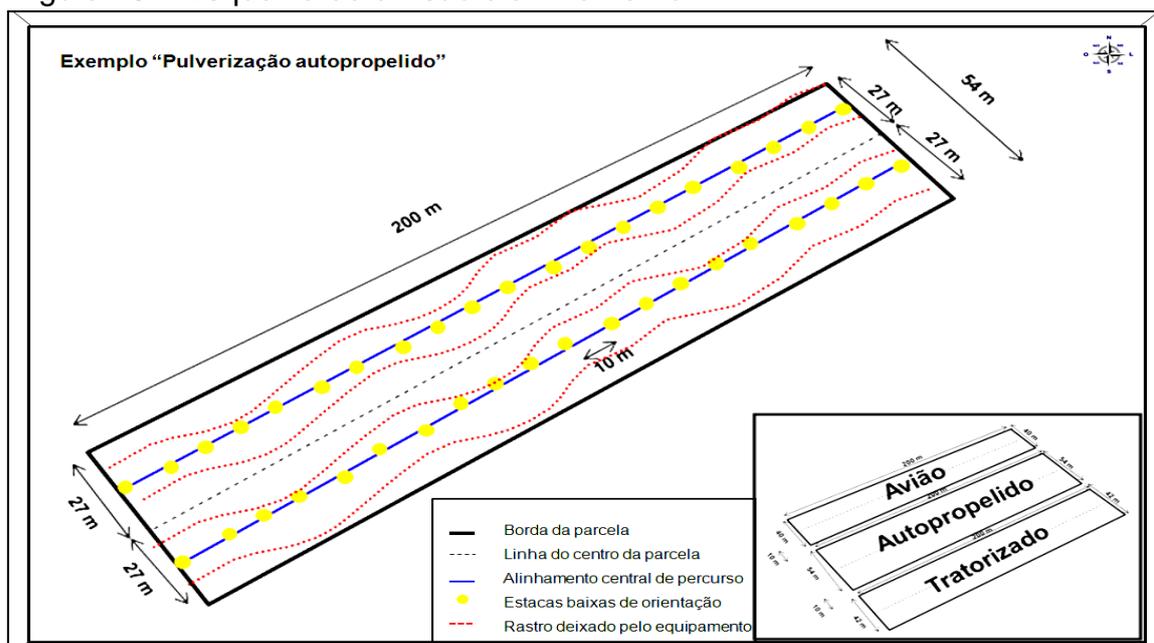
Fonte: Portal do Aviador, 2017

4.4 TESTE DE ACURÁCIA DOS EQUIPAMENTOS DE NAVEGAÇÃO

Como já explicado anteriormente as parcelas foram demarcadas com estacas nas medidas necessárias para cada teste. As medidas eram de 40 metros de largura x 200 metros de comprimento para a aplicação aérea, possibilitando assim dois voos de 20 metros de largura cada. A medida da parcela para aplicação autopropelida era de 54 metros de largura x 200 metros de comprimento, possibilitando assim duas “passadas” de 27 metros de largura cada. E por fim, as medidas da parcela para aplicação de pulverizador tratorizado foram de 42 metros de largura x 200 metros de comprimento, possibilitando assim duas “passadas” de 21 metros de largura cada. Entre uma parcela e outra consta o espaço de 10 metros de largura, afim de permitir o tráfego lateral e de não haver influência de uma aplicação para a outra. Os equipamentos foram calibrados antes das aplicações e seus controladores de tráfego ajustados para a aplicação da área. No caso dos equipamentos que utilizavam o Topper 4500 da STARA[®] foi feita a bordadura de cada parcela, com o pulverizador desativado, apenas com a finalidade de reconhecimento da área. O pulverizador tratorizado e o autopropelido utilizaram o Topper 4500, sendo o tratorizado com sinal comum (aberto) e o autopropelido com correção de base via Sistema de Posicionamento Cinemático em Tempo Real (RTK), enquanto que o avião utilizou-se do sistema DGPS orientado por barra de luzes.

Neste acompanhamento foram dispostos longitudinalmente estacas desde uma extremidade até a outra, espaçada por 10 metros uma da outra (Figura 15) demarcando o caminho correto que o equipamento devia percorrer em seu eixo central. Após o passeio dos equipamentos aferiu-se o deslocamento lateral (variação) que cada pulverizador apresentou baseado no rastro deixado pela máquina em relação à demarcação das estacas. No caso do avião agrícola foi utilizado uma aplicação de água com corante laranja (manto), e pela deposição de calda colorida aferiu-se o deslocamento lateral de alinhamento da aeronave em relação as estacas do eixo de percurso.

Figura 15 – Esquema de divisão e alinhamento.



Fonte: Arquivo pessoal

4.5 ANÁLISE DE CHEGADA DAS GOTAS DE CALDA NO ALVO

Para análise deste item utilizou-se cartões hidrossensíveis (Apêndice A) para a coleta de dados de molhamento e deposição de gotas no alvo. No trajeto percorrido pelos equipamentos pulverizadores foram implantados cartões hidrossensíveis com altura superior ao porte da cultura, dispersos ao acaso dentro de cada parcela de estudo. Os cartões hidrossensíveis foram utilizados para a coleta de dados de deposição de gotas no alvo escolhido.

Após as pulverizações, os cartões hidrossensíveis foram coletados e identificados para realizar-se o posterior escaneamento com o aplicativo do grupo Agrospray[®], o "Aplicacion Scanner" para definição de gotas por cm² e o tamanho destas gotas, em cada sistema utilizado. O bico de pulverização utilizado foi o tipo cone vazio, com vazão de regulação de 100 litros por hectare de calda para o pulverizador tratorizado, 70 litros por hectare para o pulverizador autopropelido e 12 litros por hectare para o avião agrícola que utilizou o sistema de atomizadores.

4.6 TEMPO DE TRABALHO

O tempo médio de trabalho de cada sistema de pulverização estudado no projeto foi estipulado com base de dados obtidos por entrevista com produtores locais, operadores de máquinas e pilotos agrícolas, com “indagações” a respeito da velocidade de trabalho e área total (hectares) trabalhada por hora, na condição de aplicação de defensivos nas situações similares as do projeto em questão conforme o apêndice B.

4.7 ESTUDOS DIRIGIDOS SOBRE PULVERIZAÇÃO

Foram desenvolvidas atividades que complementaram o entendimento e a realização deste projeto. Sendo assim os estudos dirigidos as diferentes técnicas de pulverização e aplicação de defensivos e foliares se deu por todo o ciclo de pesquisa, sendo em domicílio ou a campo e também fazendo-se presente nas participações de palestras técnicas e dias de campo, como o treinamento de pulverização com baixa vazão na AgroSpray em Santa Maria e o Seminário do IRGA em Cachoeira do Sul, todos tendo assuntos relacionados direto ou indiretamente ao foco deste projeto.

A finalidade destes estudos dirigidos foi gerar bases técnico científicas para executar a proposta de pesquisa plenamente e construir dados plausíveis para a utilização dos mesmos nas diferentes tomadas de decisão do dia a dia de trabalho.

4.8 PESQUISA ORÇAMENTARIA

Após os acompanhamentos das diferentes técnicas de pulverização, realizou-se uma pesquisa orçamentária, baseando cada pulverização estudada e relacionando os possíveis gastos com a aquisição das máquinas de aplicação, assim como sua contratação terceirizada.

Os dados foram levantados com base de entrevistas diretas (Anexo C) a produtores, revendedores de equipamentos da área e prestadores de serviços terceirizados, para que se conseguisse uma ampla rede de informações e a possibilidade comparativa.

4.9 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE PESQUISA

Na fase final do projeto de pesquisa, objetivou-se a organização dos dados coletados nos acompanhamentos da pulverização tratorizada, autopropelida e aérea, utilizando dos recursos de anotações de campo, para a efetivação da análise de precisão em cobertura. Os cartões hidrossensíveis utilizados nas diferentes amostras foram escaneados e com base nestes dados elaboraram-se gráficos para a observação da chegada de calda ao alvo. Os custos operacionais foram tabelados e distintos para cada categoria. Após isto, uma gama de informações gerada foi feita para a possível comparação entre si.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As pesquisas de campo procederam como planejado, atendendo padrões pré-estipulados de condições climáticas, equipamentos e horários, assim como as entrevistas para levantamento de dados.

5.1 ACURÁCIA DOS ESQUIPAMENTOS DE NAVEGAÇÃO

A coleta de informações para se verificar a acurácia dos sistemas de navegação utilizados em cada tipo de pulverizador ocorreu como planejado. Os três tipos de equipamentos tiveram o mesmo processo de trabalho, iniciando com a regulagem para as vazões de aplicação pretendidas seguidas da calibração do sistema de navegação por bordadura da parcela de aplicação. Cada tipo de pulverização teve a possibilidade de fazer duas rotas (dois lances de aplicação). As estacas demarcando a passagem central de tráfego em cada repetição dentro da parcela foram feitas, e após a passagem do equipamento foi conferido a distancia com uma trena métrica do rastro deixado pelo equipamento em relação às estacas centrais de referência e esses valores tabelados. O desempenho de variação média de cada sistema de navegação foi representado em um gráfico comparativo, conforme Gráfico 1.

Gráfico 1 – Variação média na precisão do sistema de navegação.



Fonte: Autor

No caso dos sistemas de pulverização terrestres a conferência foi feita manualmente com uma trena métrica e em seguida foi realizada uma média de variação lateral em centímetros para cada lance de tráfego realizado. No caso da aplicação aérea utilizou-se aplicação com água e corante e a variação de aplicação lateral foram aferidas visualmente pela deposição de calda colorida na cultura, e com o auxílio de uma trena aferiu-se este deslocamento lateral pelo mesmo número de pontos (estacas) que os sistemas de pulverização terrestre. As médias gerais de erro (em centímetros) como apresentadas no gráfico anterior mostram uma maior eficiência de precisão no sistema de navegação do pulverizador autopropelido, basicamente atendendo o esperado, tendo em vista que o sistema utilizava uma base local de correção via Sistema de Posicionamento Cinemático em Tempo Real (RTK). Em seguida o pulverizador terrestre com sistema de navegação por DGPS com tela digital de orientação, ficou com o segundo menor índice de variação utilizando sinal aberto (livre), e por último o sistema de aplicação aéreo que utilizou o sistema de DGPS orientado por barra de luzes.

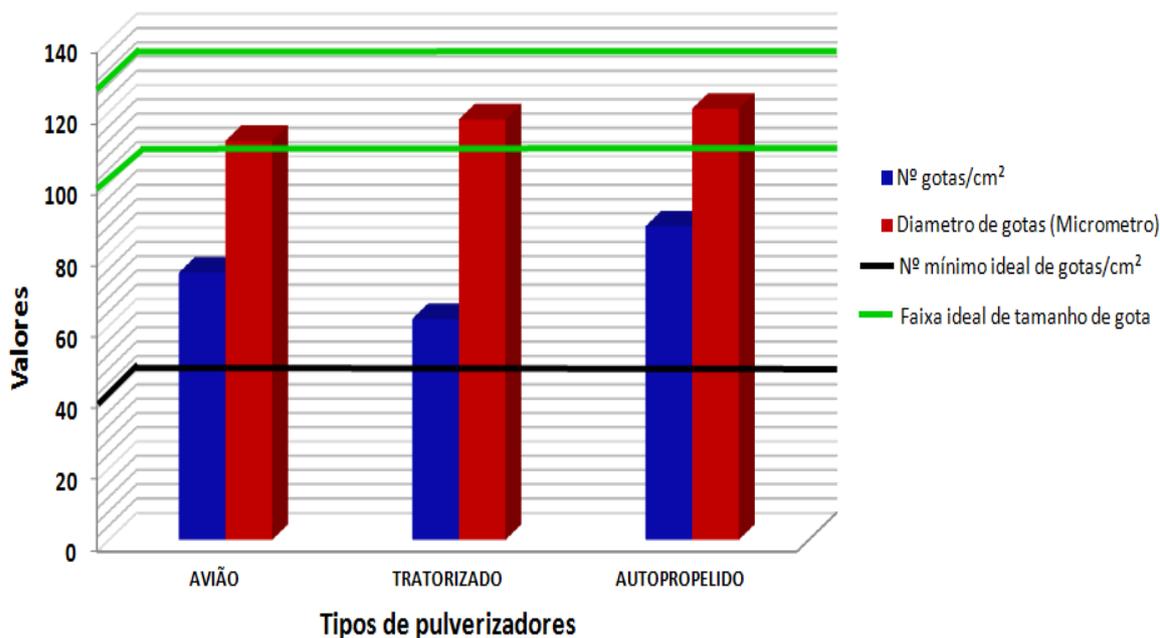
5.2 CHEGADA DAS GOTAS NO ALVO

Para análise deste item foram utilizados cartões hidrossensíveis dispersos em dois lances laterais ao longo da parcela, sendo que cada percurso de aplicação possuía 3 cartões para cada lado, o que gerava 12 cartões hidrossensíveis por trajeto e um total de 24 cartões por parcela de teste. Os cartões hidrossensíveis foram implantados com altura suavemente superior ao porte da cultura. Após foi realizado as aplicações com bico de pulverização tipo cone vazio e vazões previamente definidas de 100 litros por hectare de calda para o pulverizador tratorizado, 70 litros por hectare para o pulverizador autopropelido e 12 litros por hectare para o avião agrícola que utilizou o sistema de atomizadores.

Feitas as pulverizações, os cartões hidrossensíveis foram coletados e identificados para realizar-se o escaneamento com o aplicativo do grupo Agrospray[®], o “*Aplicacion Scanner*”, e definiu-se o número de gotas por cm² e o tamanho das mesmas, em cada sistema utilizado.

A empresa que acompanhou os testes e viabilizou os cartões e o sistema de escaneamento não disponibilizou os gráficos individuais de cada parcela, apenas as médias gerais de número de gotas/cm² e tamanho (em micrometro, sendo uma unidade de medida de comprimento que corresponde à milionésima -1 milhão- parte do metro) de gota em cada sistema de aplicação. Os parâmetros ideais seguidos usualmente pelo segmento para tamanho de gota em pulverização de inseticida é de 110 a 130 micrometros para terrestre (vazões entre 60 e 200 litros/hectare) e aérea (baixa vazão). Já os parâmetros de números de gotas/cm² para pulverização de inseticida ficam em torno de no mínimo 40 gotas por cm² para terrestre e aérea nas condições de vazão já citadas. A seguir, segue o Gráfico 2, que representa os dados obtidos a campo e com linhas de base dos parâmetros ideais.

Gráfico 2 – Número de gotas/cm² e tamanho médio da gota.



Fonte: Autor.

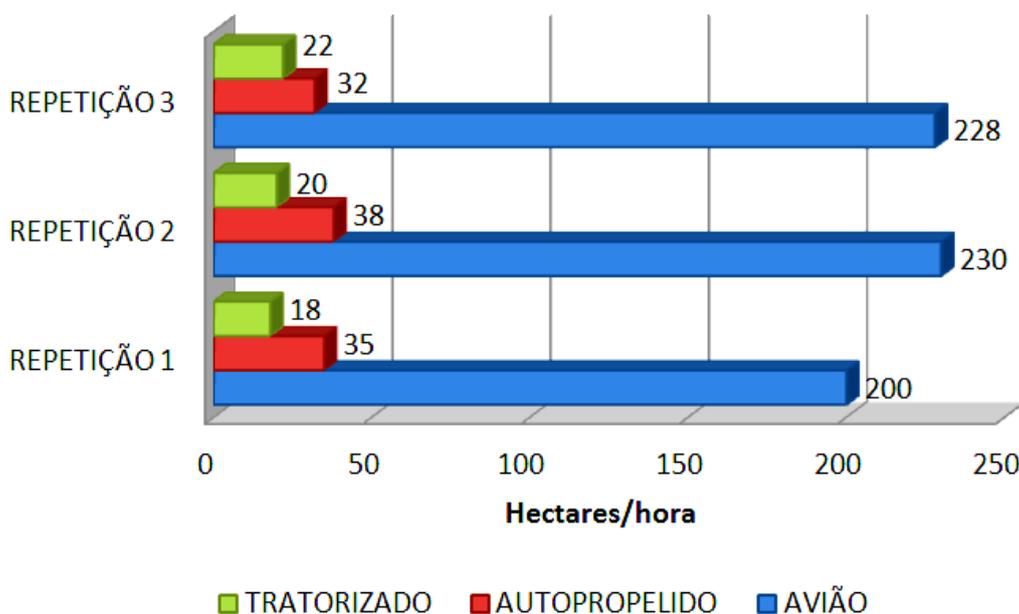
Pode-se notar que ambos os sistemas de pulverização avaliados atingiram os parâmetros ideais de número de gotas/cm² e tamanho de gota, observou-se uma eficiência maior no sistema de pulverização autopropelido que alcançou valores médios superiores aos demais sistemas avaliados, possivelmente pela maior chegada de pulverização no alvo.

5.3 TEMPO DE TRABALHO

O tempo médio de trabalho de campo com diferentes técnicas de pulverização foi aferido baseado em questionários aplicados a utilizadores e empresas do ramo na região da pesquisa. Foram criados três grupos (repetições), sendo que cada um era composto de uma empresa prestadora de aplicação aérea, um produtor que possuía um pulverizador autopropelido e um produtor que possuía um pulverizador tratorizado. As máquinas dos entrevistados eram semelhantes aos modelos utilizados na pesquisa do presente projeto. O questionário aplicado objetivou coletar informações sobre a velocidade média de serviço e hectares trabalhada por hora.

Os dados coletados em relação ao número de hectares trabalhados por hora foram analisados e apresentados no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Média de hectares pulverizadas/hora.



Fonte: Autor.

Estes dados foram levantados com hipótese de que a pulverização aérea possuía suporte de pista local (na lavoura) e média de velocidade de 150

km/h, e com isso fica notório que a aplicação aérea é muito superior em questão de hectares trabalhadas por hora, do que os demais sistemas avaliados, com uma eficiência superior média de 83% em relação ao segundo colocado que é o sistema autopropelido (média de 15km/h de velocidade de trabalho). Por último observa-se o sistema tratorizado com uma média de velocidade de trabalho em torno de 10 km/h e uma eficiência de 57,14% quando comparado com o pulverizador autopropelido.

5.4 CUSTOS ENVOLVIDOS

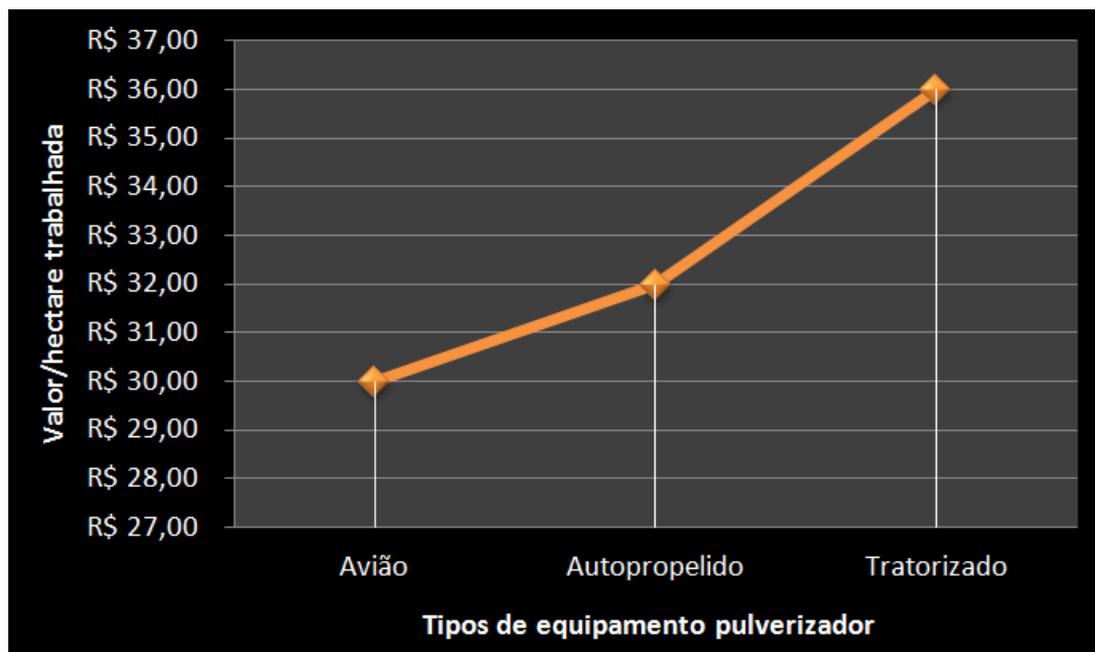
Os dados foram levantados com base em entrevistas diretas a produtores, revendedores de equipamentos da área e prestadores de serviços terceirizados, e serviram para elaboração de informações dos valores médios de aquisição de máquinas e terceirização de serviço de campo. Teve-se o cuidado para que os equipamentos dos entrevistados fossem semelhantes aos modelos utilizados na pesquisa do presente projeto. O questionário aplicado objetivou coletar informações sobre o valor de aquisição de cada sistema de pulverização, expresso no Gráfico 4 e valor de terceirização por hectare trabalhada apresentado no Gráfico 5 .

Gráfico 4 – Custo médio regional de aquisição de pulverizadores.



Fonte: Autor.

Gráfico 5 – Custo médio regional de terceirização de aplicação.



Fonte: Autor.

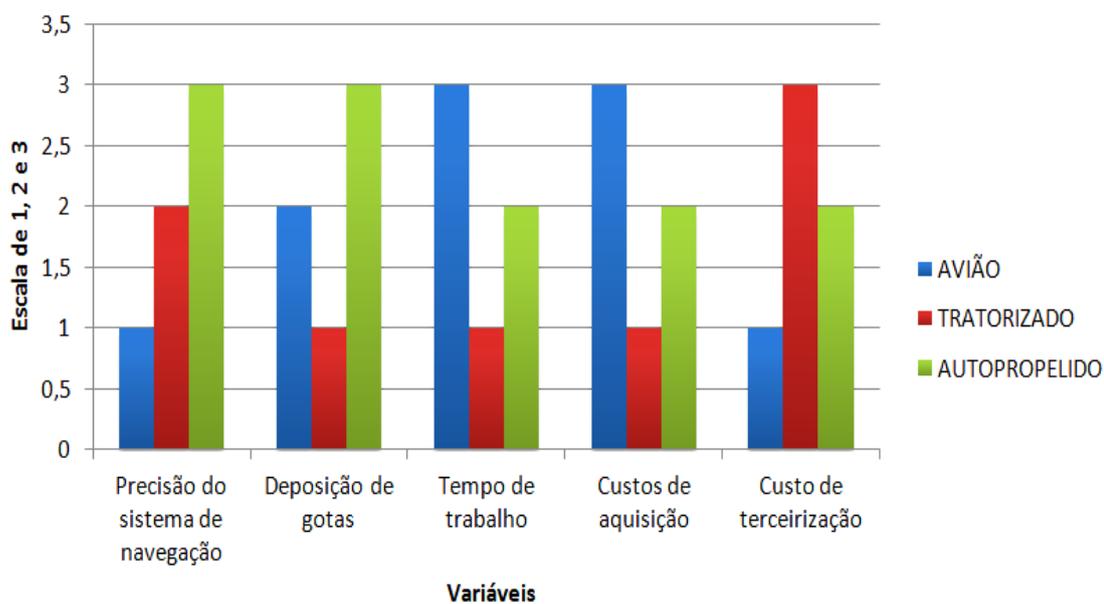
Em relação a compra de equipamento o avião se apresenta como uma aquisição com valor bem mais alto que os demais, sendo seguido pelo pulverizador autopropelido e por ultimo com menor valor de aquisição o pulverizador tratorizado. Todos os modelos orçados possuem tecnologia de agricultura de precisão embarcada de série, com os mesmos elementos já citados neste trabalho.

O valor de aquisição supostamente esteja ligado à velocidade e capacidade de trabalho de cada equipamento, associado também com sua robustez. Já no Gráfico 5 pode-se notar o efeito oposto nos valores de contratação de serviço, sendo o sistema tratorizado o mais caro, seguido do pulverizador autopropelido que quase se assemelha nos valores de contratação da pulverização aérea. Estes resultados também estão ligados supostamente a velocidade de trabalho e possível margem de lucratividade por rendimento diário para o terceirizador.

5.5 RESULTADOS GERAIS

Os dados gerais obtidos foram expressos de uma maneira simplificada e elencada em escala de grandeza por valores numéricos simbólicos de 1, 2 e 3 no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Técnicas de pulverização e relação das variáveis.



Fonte: Autor.

6 CONCLUSÕES

▪ A pesquisa desenvolveu-se dentro do esperado, atendendo as condições de clima, horário de aplicação e participação de todos envolvidos, tanto nos trabalhos de campo como nas entrevistas.

▪ Em relação a acurácia dos sistemas de navegação pode-se notar uma eficiência dentro da média esperada para cada modelo e tecnologia de receptor, sendo liderado pelo pulverizador autopropelido com utilização do sistema RTK, seguido do receptor de sinal aberto do pulverizador tratorizado e por fim o avião utilizando o sistema de barra de luzes;

▪ Na chegada de pulverização no alvo, o sistema autopropelido demonstrou pequena superioridade em relação aos demais sistemas avaliados;

▪ Em relação ao tempo de trabalho notou-se uma vantagem muito grande do avião sobre os demais sistemas de pulverização, seguido pelo autopropelido;

▪ Os gastos de aquisição com equipamento seguem a ordem decrescente iniciando pelo avião, autopropelido e por ultimo tratorizado;

▪ Já os custos com terceirização seguem a ordem crescente de valores iniciando pelo tratorizado, seguido pelo autopropelido e por ultimo o sistema aéreo;

▪ Se tratarmos de aplicações de defensivos direcionadas a partir de identificação das áreas afetadas de forma georreferenciada (manchas de infestação) ou com pulverização em taxas variáveis no espaço o método mais indicado seria o de navegação com correção por base (RTK) que confere maior precisão.

▪ Os dados gerados poderão contribuir para a sociedade acadêmica, fomentando a continuação de pesquisas neste seguimento, assim como servindo de base bibliográfica de trabalhos comparativos de sistemas de pulverização. A contribuição estende-se também ao departamento técnico e setores administrativos de propriedades rurais, servindo como base para reflexões e discussões sobre os referentes temas estudados.

▪ Com a finalização do presente estudo fica explícito o aumento da tecnologia empregada no setor rural assim como o emprego de eletrônica embarcada em máquinas, ambas suprindo uma demanda de inovação e otimização da produtividade de matéria prima agrícola. Com estas ferramentas e inovações torna-se indispensável o conhecimento de características ponderáveis referentes a cada equipamento e tecnologia, a fim de orientar e auxiliar técnicos e produtores nas tomadas de decisões em relação a adoção e utilização destas ferramentas.

▪ Sendo assim, os estudos gerados nesta pesquisa mostram que os resultados e variáveis de campo estão ligadas diretamente com a parte prática e monetária do seguimento de pulverização. Com isso o emprego das técnicas de agricultura de precisão poderão ser discutidas com embasamento e dados de base referentes às questões mais rotineiras enfrentadas pelo setor, dando respaldo ao desenvolvimento de soluções a problemas seguidamente enfrentados pelo setor.

▪ Dessa forma, conclui-se que o melhor sistema de pulverização é aquele que se adapta a condição de campo e dispêndio de investimento financeiro, de acordo com a realidade de cada produtor.

REFERÊNCIAS

- AGROTEC TECNOLOGIA AGRÍCOLA E INDUSTRIAL LTDA. **Micronair: atomizador para aplicação aérea.** PDF. Disponível em: <http://www.agrotec.etc.br/downloads/au5000_-_portuguese.pdf>. Acesso em: 26 maio de 2017.
- ALONSO, A. S. **Equipamentos e tecnologia de aplicação de defensivos.** Embrapa SPI, p. 296-317. Brasília-DF, 1998.
- BALASTREIRE, L. A.; BAIIO, F. H. R. **Avaliação de uma metodologia pratica para o mapeamento de plantas daninhas.** Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, v.5, n.2, p. 349-352. Campina Grande, 2001.
- BALASTREIRE, L. A. **O estado da arte da Agricultura de Precisão no Brasil.** ed: L.A. Balastreire, 224 p. Piracicaba-SP, 2000.
- BRASQUÍMICA, INDUSTRÍA E COMÉRCIO LTDA. **Pulverização Agrícola: O que é e como funciona.** Disponível em: <http://brasquimica.ind.br/pulverizacao-agricola/>> Acesso em 07 de junho de 2017.
- BRECHELT, A. **O Manejo Ecológico de Pragas e Doenças.** Rede de Ação em Praguicidas e suas Alternativas para a América Latina. Santiago, 2004.
- BRENHA, J. A. M.; SOARES, A. M.; SANTOS, N. C.; CAMPOS, H. B. N.; DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C. **Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários: demandas, avanços e inovações.** Tópicos de entomologia agrícola. 8ª Ed, p. 353-371. Jaboticabal - São Paulo, 2014.
- CARVALHO, W. P. de A. **Situação atual e perspectivas da aviação agrícola no Brasil e eficácia no controle de doenças.** Summa Phytopathologica, v. 33, p. 107-109, 2007.

CRUVINEL, Paulo E. **Instrumentação agropecuária no agronegócio brasileiro do século XXI: Parte 1**. Disponível em:

<<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=pc&id=27386&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22CRUVINEL,%20P.%20E.%22&qFacets=autoria:%22CRUVINEL,%20P.%20E.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>>. Acesso em: 07 maio de 2017.

CUNHA, J. P. A. R. et al. **Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho**. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 03, p. 366-372, 2010.

CUNHA, J. P. A. R. **Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes métodos de aplicação**. Revista Ciência Agronômica, v. 39, n. 04, p. 487-493, 2008.

CUNHA, J. P. A. R. **Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização**. Ciênc. agrotec. v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O. **Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e volume de calda**. Ciência Rural, v. 36, n. 05, p. 1360-1366, 2006.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F. **Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro**. Ciência Rural, v. 35, n. 05, p. 1069- 1074, 2005.

EMBRAER AGRÍCOLA. **Aeronave Ipanema**. Disponível em:

<<http://www.embraeragricola.com.br/pt-br/aeronave-ipanema/paginas/ficha-tecnica.aspx>>. Acesso em: 25 maio de 2017.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agricultura de Precisão**. Embrapa Instrumentação- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF, 2014.

HURN, J. **GPS: Um Guia para a Próxima Utilidade**. ed. E.U.A. : Trimble. 76 p, 1999.

INAMASU, R. Y; BERNARDINI, A. C. C. **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. Disponível em:

><https://www.researchgate.net/publication/269634196>>. Publicado em 2014.

LOBO JÚNIOR, M. I. **Pulverizador Turbo Atomizador**. 2004. Disponível em:

<<http://www.pulverizador.com.br/aplicacaoterrestre-03.htm>>. Acesso em: 10 de março de 2017.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 852 -

Art. 1º Criar a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão – CBAP.

Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 set. 2012.

MARCONATO, E. S. **Automação e controle de pulverização em máquinas agrícolas**. TCC submetido ao PPG do Centro Universitário Eurípides de Marília. Marília, 2007.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos**. Jaboticabal: Funep, 139p. 1990.

MILANESI, J.H. **Adubação da cultura da soja baseada nos teores mínimos de fósforo e potássio no solo**. 2015. 73p. Dissertação (Mestrado em Agricultura de precisão), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de Aplicações de Produtos Fitossanitários**. Aprenda Fácil, 588 p. Viçosa, 2010.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão**. Oficina de Textos, p.238. São Paulo, 2015.

MOLIN, J. P. **Tendências da agricultura de precisão no Brasil**. Congresso Brasileiro de agricultura de precisão. Anais... Piracicaba: ESALQ/USP, 2004.

PEREIRA, C. G. L. **Controle Fitossanitário: agrotóxicos e outros métodos**. Consultoria Legislativa. Área x Agricultura e Política Rural. Brasília-DF, 2013.

PEROSA, G. C. **A Eletrônica na Agricultura**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de Marília, Marília-SP, 2000.

PIERCE, F.J.; NOWAK, P. **Aspects of precision agriculture**. Adv. Agronomy, v. 67, p.1-85, 1999.

PIRES, J.L.F; et al. **Discutindo agricultura de precisão - Aspectos gerais**. Embrapa Trigo. Passo Fundo. 2004.

PORTAL SÃO FRANCISCO[®]. **Pulverização com máxima precisão**. Disponível em: > <http://www.portalsaofrancisco.com.br/biologia/pulverizacao-com-precisao>> Acesso em: 07 de junho de 2017.

RESENDE, A. V. **Agricultura de Precisão no Brasil: Avanços, dificuldades e impactos no manejo e conservação do solo, segurança alimentar e sustentabilidade**. XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. Piauí. 2010.

ROMAN, R. A. A. **Baixo volume, alta complexidade**. Cultivar Máquinas, p. 32-36, Pelotas, 2015.

SANTOS, J. E. G.; SANTOS FILHO, A. G. **Apostila de Máquinas Agrícolas**. Universidade Estadual Paulista. Campus Universitário de Bauru, Faculdade de Engenharia, Bauru, SP, p. 81-82, 2001.

SANTOS, J. F. Pesquisa Científica do Instituto Biológico, São Paulo-SP.
Aplicação aérea e terrestre: vantagens e limitações comparativas. 2015.
Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/downloads/81683.pdf>>. Acesso em:
10 de março de 2017.

SARAIVA, A. M. **Eletrônica Embarcada e ISOBUS.** In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, p.4-5. São Pedro-SP, 2006.

SCHUELLER, J.K. **A review and integrating analysis of spatially-variable crop control of crop production.** Fert. Res., Amsterdam, 33:1-34, 1992.

SILVA, M. P. L. **Avaliação comparativa dos danos mecânicos às plantas por dois sistemas de aplicação de agrotóxicos líquidos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. Anais... São Pedro: SBEA, 2004.

SOUZA, R. T.; VELINI, E. D.; PALLADINI, L. A. **Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverizações pela determinação dos depósitos pontuais.** Planta Daninha, v. 25, n. 01, p. 195-202, 2007.

STARA 01, S/A INDÚSTRIA E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS. **Tecnologia de aplicação: Qualidade e eficiência na pulverização.** Notícias. Disponível em: <<http://www.stara.com.br/mas/web/index.php?menu=noticias&id=5>>. Acesso em: 12 de abril de 2017.

STARA 02, S/A INDÚSTRIA E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS. **Produtos: Controlador Topper 4500.** Prospecto. Disponível em: <<http://www.stara.com.br/produto/controlador-topper-4500/>>, Acesso em: 15 de abril de 2017.

STARA 03, S/A INDÚSTRIA E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS. **Produtos: Fênix 2000 H E E.** Prospecto. Disponível em: <<http://www.stara.com.br/produto/fenix-2000-h-e-e/>>, Acesso em: 16 de abril de 2017.

STARA 04, S/A INDÚSTRIA E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS. **Produtos: Gladiador 2300**. Prospecto. Disponível em: <<http://www.stara.com.br/produto/gladiador-2300/>>, Acesso em: 16 de abril de 2017.

SUGUISAWA, J. M. et al. **Qualidade de aplicação de herbicida em lavoura de trigo**. Engenharia Agrícola, v. 27, p. 41- 47, 2007.

TSAI, M. et al. **The Washington aerial spray drift study: modeling pesticide spray drift deposition from an aerial application**. Atmospheric Environment, v. 39, n. 33, p. 6194-6203, 2005.

VIANA, R. G. et al. **Características técnicas de pontas de pulverização LA-1JC e SR-1**. Planta Daninha, v. 25, n. 01, p. 211-218, 2007.

WAQUIL, J.M.; VIANA, P.A. & CRUZ, I. **Cultivo do milho: manejo integrado de pragas**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas-MG, 2006.

APÊNDICE A – CARTÕES HIDROSSENSÍVEIS



APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO SOBRE TEMPO MÉDIO DE TRABALHO

GRUPOS	SEGMENTOS	RENDIMENTO EM HECTARES/ HORA
1	Proprietário Pulverizador Tratorizado	
1	Proprietário Pulverizador Autopropelido	
1	Aviação Agrícola	
2	Proprietário Pulverizador Tratorizado	
2	Proprietário Pulverizador Autopropelido	
2	Aviação Agrícola	
3	Proprietário Pulverizador Tratorizado	
3	Proprietário Pulverizador Autopropelido	
3	Aviação Agrícola	
Aplicação aérea com pista de apoio na lavoura. Vazões de: Tratorizada 100 litros/hectare, Autopropelida 70 litros/hectare, Aérea 12 litros/hectare.		

APÊNDICE C- QUESTIONÁRIO DE VALORES MÉDIOS

GRUPOS	SEGMENTOS	VALOR DE AQUISIÇÃO
1	Pulverizador Tratorizado de arrasto	R\$
1	Pulverizador Autopropelido	R\$
1	Avião Agrícola	R\$
		VALOR DE TERCEIRIZAÇÃO/HECTARE
2	Pulverizador Tratorizado de arrasto	R\$
2	Pulverizador Autopropelido	R\$
2	Avião Agrícola	R\$
Modelos utilizados na pesquisa de campo do projeto.		