

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

**DEPOSIÇÃO DE CALDA E CONTROLE DE  
FERRUGEM ASIÁTICA (*PHAKOPSORA  
PACHYRHIZI*) EM FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO  
DE PULVERIZAÇÃO TERRESTRE UTILIZADO  
NA CULTURA DA SOJA**

**TESE DE DOUTORADO**

**Guilherme Pilar Londero**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2021**

**DEPOSIÇÃO DE CALDA E CONTROLE DE FERRUGEM  
ASIÁTICA (*PHAKOPSORA PACHYRHIZI*) EM FUNÇÃO  
DO EQUIPAMENTO DE PULVERIZAÇÃO TERRESTRE  
UTILIZADO NA CULTURA DA SOJA**

**por**

**Guilherme Pilar Londero**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia  
da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Agronomia.**

**Orientador: Prof. Dr. Ivan Francisco Dressler da Costa**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2021**

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Londero, Guilherme

DEPOSIÇÃO DE CALDA E CONTROLE DE FERRUGEM ASIÁTICA  
(PHAKOPSORA PACHYRHIZI) EM FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO DE  
PULVERIZAÇÃO TERRESTRE UTILIZADO NA CULTURA DA SOJA /  
Guilherme Londero.- 2021.

39 p.; 30 cm

Orientador: Ivan Francisco Dressler da Costa

Coorientador: Ricardo Balardin

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, RS, 2021

1. tecnologia de aplicação 2. equipamento  
eletrostático 3. atomizador rotativo de disco 4.  
controle de ferrugem asiática 5. deposição de calda I.  
Dressler da Costa, Ivan Francisco II. Balardin, Ricardo  
III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, GUILHERME LONDERO, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

---

© 2021

Todos os direitos autorais reservados a Guilherme Pilar Londero. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização escrita do autor.  
Endereço: Rua Dois (Pq. Res. Montecarlo), nº 35 apto.: 201, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, 97110-214.

Fone (0XX)55 99627-3277; E-mail: [guilhermelondero@msn.com](mailto:guilhermelondero@msn.com)

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**DEPOSIÇÃO DE CALDA E CONTROLE DE FERRUGEM  
ASIÁTICA (*PHAKOPSORA PACHYRHIZI*) EM FUNÇÃO DO  
EQUIPAMENTO DE PULVERIZAÇÃO TERRESTRE UTILIZADO  
NA CULTURA DA SOJA**


elaborado por  
**Guilherme Pilar Londero**


Com requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Agronomia**

**Comissão examinadora:**

  
\_\_\_\_\_  
**Ivan Francisco Dressler da Costa, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

  
**Jansen Rodrigo Pereira Santos, Dr.**  
(UFSM)

  
**Caroline de Almeida Gulart, Dra.**  
(Instituto Phytus)

  
**Eugênio Passos Schroder, Dr.**  
(Schroder Consultoria)

  
**José Domingos Jacques Leão, Dr.**  
(UFSM)

**Santa Maria, 31 de janeiro de 2021.**

## **DEDICATÓRIA**

**Aos meus pais, Vilnei Natalino Londero e Sandra Simone Pilar Londero**, por todo amor, compreensão, confiança, incentivo e esforço que fizeram para que isto fosse possível.

**Ao meu irmão, Rodolfo Pilar Londero**, pelo apoio, amizade e incentivo.

**Aos meus avós, Bruno José Londero (in memoriam), Eli Ana Segabinazzi Londero, Leandro Rios Pilar (in memoriam) e Dorilda Petroceli Pilar**, pela educação, apoio e incentivo.

Dedico e ofereço

# RESUMO

Tese  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

## **DEPOSIÇÃO DE CALDA E CONTROLE DE FERRUGEM ASIÁTICA (*PHAKOPSORA PACHYRHIZI*) EM FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO DE PULVERIZAÇÃO TERRESTRE UTILIZADO NA CULTURA DA SOJA**

AUTOR: GUILHERME PILAR LONDERO  
ORIENTADOR: IVAN FRANCISCO DRESSLER DA COSTA  
Santa Maria, RS, 31 de janeiro de 2021.

A eficiência dos produtos existentes para o controle da ferrugem asiática vem reduzindo gradativamente com o seu uso constante. Muito disso está ligado à aplicação ineficiente onde pode acontecer que o produto não esteja atingindo o alvo, neste caso, as folhas da cultura. As tecnologias presentes são capazes de reduzir o volume de calda aplicado e o tamanho de gotas, mas mesmo assim são deficientes em depositar de forma satisfatória o produto nas folhas inferiores das plantas de soja, onde acontece a infecção inicial da ferrugem asiática. O objetivo deste trabalho foi identificar qual equipamento de pulverização em aplicação terrestre foi capaz de distribuir de forma mais homogênea o produto na planta de soja e qual contribuiu para a eficiência de controle do produto. O experimento foi realizado no ano de 2017/18 e 2018/19. O delineamento experimental utilizado foi em faixas, no esquema bifatorial (2X4). O primeiro fator foi composto por duas cultivares de ciclos semelhante, porém de diferentes estaturas e distribuições foliares. O segundo fator foi: pontas hidráulicas tipo cone e 3-D, atomizador rotativo de disco e sistema eletrostático. Foram feitas avaliações de deposição da calda no terço superior, médio e inferior da cultura; severidade da ferrugem, peso de mil grãos e produtividade.

**Palavras-chave:** aplicação eletrostática, atomizador de disco, bicos hidráulicos.

## ABSTRACT

Thesis  
Graduate Program in Agronomy  
Federal University of Santa Maria

### **ASIAN RUST (*PHAKOPSORA PACHYRHIZI*) DEPOSITS AND CONTROL DEPOSITION IN FUNCTION OF THE TERRESTRIAL SPRAYING EQUIPMENT USED IN SOYBEAN CULTURE**

AUTHOR: GUILHERME PILAR LONDERO  
ADVISOR: IVAN FRANCISCO DRESSLER DA COSTA  
Santa Maria, RS, January 31th 2021.

The efficiency of existing products for controlling Asian rust has been gradually decreasing with its constant use. Much of this is linked to inefficient application where it may happen that the product is not reaching the target, in this case, the leaves of the crop. The present technologies are able to reduce the volume of spray solution and the size of drops, but even so, they are deficient in satisfactorily depositing the product in the lower leaves of soybean plants, where the initial infection of Asian rust occurs. The objective of this work was to identify which spraying equipment in terrestrial application was able to distribute the product more homogeneously in the soybean plant and which contributed to the efficiency of product control. The experiment was carried out in the years 2017/18 and 2018/19. The experimental design used was in bands, in a two-factor scheme (2X4). The first factor was composed of two cultivars of similar cycles, but of different statures and leaf distributions. The second factor was: cone and 3-D hydraulic tips, rotary disk atomizer and electrostatic system. Grout deposition assessments were made in the upper, middle and lower third of the crop; rust severity, thousand grain weight and productivity.

**Keywords:** electrostatic system, disk atomizer, hydraulic nozzles.



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figura 1.** Área abaixo da curva da progressão da doença (AACPD) após as avaliações de severidade em relação aos equipamentos de pulverização utilizados na safra 2017/18. Santa Maria, 2021..... 21

**Figura 2.** Área abaixo da curva da progressão da doença (AACPD) após as avaliações de severidade em relação aos equipamentos de pulverização utilizados na safra 2018/19. Santa Maria, 2021..... 22

**Figura 3.** Médias de peso de mil grãos (g) e produtividade média ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) para cada equipamento de pulverização utilizado na safra 2017/18. Santa Maria, 2021. .... 23

**Figura 4.** Médias de peso de mil grãos (g) e produtividade média ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) para cada equipamento de pulverização utilizado na safra 2018/19. Santa Maria, 2021. .... 24

**Figura 5.** Temperatura do ar máxima e mínima e precipitação pluvial durante os meses de novembro a abril na safra 2017/18. Santa Maria, 2021. .... 25

**Figura 6.** Temperatura do ar máxima e mínima e precipitação pluvial durante os meses de novembro a abril na safra 2018/19. Santa Maria, 2021. .... 25

### CAPÍTULO II

**Figura 1.** Médias de potencial de deriva (%) para cada equipamento de pulverização nas safras 2017/18 e 2018/19. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas para cada safra não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Santa Maria, 2021..... 30

**Figura 2.** Penetração de gotas no terço médio e inferior da cultura, considerando 100% no terço superior para safra 2017/18. Médias seguidas da mesma letra em cada terço de coleta não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Santa Maria, 2021..... 33

**Figura 3.** Penetração de gotas no terço médio e inferior da cultura, considerando 100% no terço superior para safra 2018/19. Médias seguidas da mesma letra em cada terço de coleta não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Santa Maria, 2021..... 34

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Médias de DMV ( $\mu\text{m}$ ) de acordo com a posição de amostragem e média geral de Amplitude relativa (%) para cada equipamento de pulverização utilizado na safra 2017/18. Santa Maria, 2021..... 29
- Tabela 2.** Médias de DMV ( $\mu\text{m}$ ) de acordo com a posição de amostragem e média geral de Amplitude relativa (%) para cada equipamento de pulverização utilizado na safra 2018/19. Santa Maria, 2021..... 30
- Tabela 3.** Médias de densidade de gotas ( $\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$ ) de acordo com a posição de amostragem) para cada equipamento de pulverização utilizado na safra 2017/18. Santa Maria, 2021..... 31
- Tabela 4.** Médias de densidade de gotas ( $\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$ ) de acordo com a posição de amostragem) para cada equipamento de pulverização utilizado na safra 2018/19. Santa Maria, 2021..... 32

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1. Contexto.....	12
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
<b>3. CAPÍTULO I - CONTROLE DE FERRUGEM ASIÁTICA (EM FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO DE PULVERIZAÇÃO TERRESTRE UTILIZADO NA CULTURA DA SOJA .....</b>	<b>19</b>
3.1. Material e métodos.....	19
3.2. Resultados e discussão .....	21
3.3. Conclusão.....	26
<b>4. CAPÍTULO II - DEPOSIÇÃO DE CALDA EM FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO DE PULVERIZAÇÃO TERRESTRE UTILIZADO NA CULTURA DA SOJA .....</b>	<b>27</b>
4.1. Material e métodos.....	27
4.2. Resultados e discussão .....	29
4.3. Conclusão.....	34
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>35</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Contexto

A soja (*Glycine max* L. Merrill), é um cultivo de grande importância econômica em nível mundial, pois é a principal fonte proteica utilizada na alimentação animal e na indústria química e de alimentos. No Brasil, é a principal cultura de exportação, sendo assim, de grande importância para a economia brasileira. De acordo com a Conab (2016), a produção de grãos na safra 2015/16 foi estimada em 96,5 milhões de toneladas e a estimativa para a safra 2016/17 é de 103 milhões de toneladas, o que mantém o Brasil como segundo maior produtor mundial de soja.

Trata-se de uma cultura com inúmeros desafios para uma produção com qualidade e alta produtividade e, dentre esses, está o controle eficaz de pragas e, principalmente, doenças foliares fúngicas, que demandam duas, três ou mais aplicações de fungicidas. Com a disseminação da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e a ausência de cultivares resistentes para controle dessa doença, foi intensificado o uso do controle químico.

A ferrugem asiática tem merecido atenção especial devido à sua severidade e dificuldade de controle, por se desenvolver em toda a parte aérea da planta, prejudicando sua fisiologia e reduzindo drasticamente a produção de grãos. Sua presença muito se dá pelas condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento na maioria das regiões. Isso aliado à sua velocidade de dispersão e capacidade de infecção do fungo tornem essa doença altamente agressiva e com grande dificuldade de controle, o que faz o custo de produção elevar-se devido ao grande uso de produtos fitossanitários para o controle. O consumo excessivo de produtos faz com que o patógeno adquira resistência, reduzindo a eficiência de diversos produtos e o número de opções de controle. Isso leva ao aumento do uso de produtos mais eficientes e, também, mais caros, para poder garantir a produção. No entanto, assim está aumentando ainda mais a pressão para uma nova resistência.

Uma solução seria o lançamento de novas moléculas no mercado, mas isso leva muito tempo de pesquisa e registro para estar disponível ao agricultor. Deve-se preservar o máximo possível as moléculas existentes, variando mecanismos de ação e investindo em tecnologia de aplicação eficiente.

Para o controle eficiente da ferrugem e a redução dos custos de produção deve-se aprimorar as técnicas e os equipamentos de aplicação de produtos fitossanitários, visando melhorar a distribuição da pulverização e a colocação do produto no alvo desejado, mais especificamente nas folhas localizadas no terço inferior da cultura, onde a doença inicia sua infecção.

Sabe-se que gotas menores que 100 micrômetros têm maior capacidade de cobertura e penetração no dossel da cultura. No entanto, devido à sua pequena massa, possuem pouca energia cinética, o que faz com que sua captura pelos alvos seja reduzida e também que a evaporação e deriva se acentuem, ao contrário de gotas mais grossas. Conseqüentemente, para melhorar a eficiência das pulverizações, os agricultores geralmente utilizam pontas que produzem gotas maiores do que 200 micrômetros, para garantir um completo molhamento das plantas (CHAIM; WADT, 2015).

Para a produção de gotas menores já são utilizadas diferentes pontas de pulverização como pontas hidráulicas (leque e cônica) e atomizadores rotativos. Essas pontas são capazes de reduzir o volume de calda aplicado e, conseqüentemente, reduzir o custo da aplicação. Mesmo reduzindo o tamanho de gotas e o volume de calda aplicado, as pontas ainda apresentam ineficiência na deposição de produto na parte inferior do dossel da cultura.

A pulverização eletrostática vem sendo desenvolvida com o objetivo de aumentar a eficiência de utilização de gotas pequenas, reduzindo as perdas por deriva, evaporação e gravidade. Essa tecnologia consiste em eletrificar as gotas, o que causa a atração das gotas pelas cargas presentes nas folhas. Para que a tecnologia tenha eficiência, as gotas produzidas e eletrificadas devem ser entre 50 e 100 micrômetros de diâmetro e intensidade superior a 4 microamperes para cada mL de calda aplicado por segundo (CHAIM; WADT, 2015). Se essas condições forem atendidas, a pulverização eletrostática terá como benefício direto o aumento da eficiência de controle, redução no custo operacional e no impacto ambiental.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi identificar qual equipamento de pulverização, em aplicação terrestre, distribui de forma homogênea a calda no dossel das plantas de soja, aumentando a eficiência de controle da ferrugem asiática e a produtividade. Avaliar a severidade da ferrugem asiática e a produtividade quando utilizado pontas hidráulicas, atomizadores rotativos ou barra eletrostática em aplicação terrestre, ao utilizar o mesmo produto (Capítulo I) e, verificar a deposição e tamanho das gotas em diferentes terços do dossel das plantas de soja, quando utilizados pontas

hidráulicas, atomizadores rotativos ou barra eletrostática em aplicação terrestre (Capítulo II).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) foi relatada pela primeira vez no Japão, em 1902. Em 1914, surgiu como epidemia em vários países no sudeste da Ásia. No Brasil, foi constatada na safra de 2000/01, representando uma grande ameaça para os países do continente americano (YORINORI et al., 2002).

Os sintomas da doença, as pústulas, se caracterizam inicialmente por pontuações angulares de coloração cinza-esverdeado ou castanho-claro, posteriormente no centro dessas pontuações se forma uma estrutura saliente, que constituem as estruturas de frutificação, denominadas urédias, encontradas na face abaxial das folhas. Das urédias ou pústulas são expelidos os uredósporos, esporos do fungo, que são transportados pelo vento, iniciando a infecção em novas plantas (YORINORI et al., 2013). Os primeiros sintomas da doença ocorrem nas partes mais baixas e se multiplicam até atingir o topo da planta (OZKAN et al., 2006). Essa ocorrência está relacionada às condições climáticas favoráveis (temperaturas médias menores que 28°C e molhamento foliar de mais de 10 horas). A doença manifesta-se agressivamente na fase reprodutiva da cultura, a partir do florescimento, podendo ocorrer também nos primeiros estádios de desenvolvimento (FURLAN, 2005).

As perdas produtivas ocasionadas pela ferrugem ocorrem devido à desfolha precoce da cultura que afeta o enchimento de grãos, além do abortamento de vagens (MELO et al., 2015). Pelo fato do agente causal ser facilmente disseminado pelo vento, exige-se vigilância, treinamento e capacitação contínuos na identificação precoce da doença. O seu controle não permite descuidos ou falhas no manejo da cultura e nas estratégias adotadas. A cada ano, a severidade da doença tem aumentado nas regiões de clima mais favoráveis. Do mesmo modo, também tem aumentado o custo do controle (YORINORI et al., 2005).

No mercado atual, a maioria dos fungicidas indicados para o controle da ferrugem da soja são sistêmicos, ou seja, movimentam-se via xilema, sempre no sentido da base para o ápice de cada folha, com mínima chance de movimentação no sentido contrário e

sem a possibilidade de translocação de uma folha para outra (ANTUNIASSI, 2005). Em geral, os fungicidas com essas características são eficazes em condições de menor cobertura em comparação aos fungicidas de contato. Com isso, a tecnologia de aplicação torna-se importante para cobrir todo o dossel da planta (BOLLER et al., 2007), uma vez que, para que se possa erradicar ou controlar de forma segura um determinado problema, é necessária uma deposição mínima de defensivo no alvo biológico (MATUO, 2001).

De acordo com CUNHA et al. (2008), a cobertura do dossel da soja, proporcionada pela aplicação de fungicida, em geral é baixa, principalmente na parte inferior, resultando em controle ineficiente, mesmo com produtos sistêmicos. Para o sucesso da aplicação, 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). Deve-se levar em consideração fatores como: tipo de ponta, pressão, tamanho de gota e volume de calda, para se obter uma aplicação de qualidade (MATTHWES, 2004). Essas características são modificadas de acordo com a tecnologia de aplicação empregada.

Normalmente, para realizar a aplicação de pesticidas vem sendo utilizadas pontas hidráulicas que distribuem a calda em forma de leque e/ou de cone. No entanto, para se ter uma boa cobertura da cultura, o volume de calda utilizado por esta tecnologia ainda necessita ser elevado. Bauer et al. (2006) já comentavam a necessidade de redução nos volumes de calda, principalmente com a finalidade de diminuir os custos de produção, reduzir o impacto ambiental e elevar a capacidade operacional dos equipamentos de aplicação. Para atender a essa necessidade, houve grande evolução nos equipamentos de aplicação, inclusive de pontas, com diversas características de pulverização, distribuição e tamanho de gotas.

Com o intuito de reduzir o tamanho de gota e o volume de calda, vem sendo utilizado um sistema de pulverização de energia centrífuga (atomizadores) que produz espectro de gotas mais homogêneo comparado com sistema de pulverização com pontas hidráulicas. Esse sistema é denominado Baixo Volume Oleoso (BVO) e foi desenvolvido pelo Centro Brasileiro de Bioaeronáutica. O princípio do sistema é a utilização de óleos vegetais como veículo dos pesticidas, utilização de um volume de calda em torno de 10 L.ha<sup>-1</sup> e produção de gotas entre 80 e 150 micrometros. Desde então, vem sendo realizado diversos estudos na eficiência desta tecnologia para o controle de pragas e doenças em diversas culturas (CBB, 2016). Devido à possibilidade do uso de menores volumes de

aplicação, o sistema BVO apresenta maior capacidade operacional, cerca de 43% maior com volume de aplicação de 34 L.ha<sup>-1</sup> e 50% maior com 24 L.ha<sup>-1</sup>, quando comparados às aplicações realizadas por pontas hidráulicas a 120 L.ha<sup>-1</sup> (STEFANELO et al., 2014).

Estudos mostram que os atomizadores rotativos de disco apresentam resultados semelhantes às pontas hidráulicas na questão de controle e distribuição. Bueno et al. (2013) mostram que a deposição da calda na cultura da batata foi semelhante quando o atomizador de disco foi comparado com aplicações utilizando pontas hidráulicas, em aplicação aérea. Holland et al. (1997) verificaram, em aplicações aéreas na cultura do trigo, que atomizadores são mais eficientes que pontas hidráulicas para a deposição de pesticidas. Já Sari et al. (2014) observaram que atomizadores de disco possuem eficiência semelhante a pontas hidráulicas tipo leque para o controle de mancha amarela e de ferrugem na folha do trigo. No algodão, Cavalieri et al. (2015), mostram que o sistema utilizando atomizador de disco apresenta maior penetração de gotas no dossel, comparado com o sistema de pulverização com pontas hidráulicas. Na cultura do arroz, Bayer et al. (2014) utilizando pontas defletoras de jato leque, pontas cônicas e atomizadores rotativos de disco em aplicação aérea, constataram que todos os equipamentos apresentaram incremento na produtividade da cultivar Puitá Inta CL, exceto o tratamento utilizando o atomizador em uma vazão de 10 L.ha<sup>-1</sup>. Já Bayer et al. (2011), não encontraram diferença de produtividade quando os produtos foram aplicados com pontas hidráulicas, atomizadores de disco e eletrostáticos no cultivar Qualimax 1. Teixeira et al. (2010), ao estudar a eficiência no controle de plantas daninhas, constataram que o sistema BVO (atomizadores) tem eficiência semelhante às aplicações convencionais.

Camargo (2005) obteve controle eficiente da ferrugem da soja em aplicações aéreas preventivas de fungicidas em BVO (baixo volume oleoso) comparando taxas de aplicação de 8, 12 e 15 L.ha<sup>-1</sup>. Essa mesma tecnologia foi testada em aplicação terrestre utilizando 40 L.ha<sup>-1</sup> comparada a uma aplicação convencional de 120 L.ha<sup>-1</sup>, utilizando pontas hidráulicas e assistência de ar no controle de ferrugem da soja. Os resultados não indicaram diferenças entre os níveis de controle do patógeno e a produção da cultura nos distintos tratamentos (CHRISTOVAM et al., 2010).

É observado que a eficiência de controle entre essas tecnologias de aplicação é semelhante para a cultura da soja, no entanto, a uniformidade de deposição de calda no dossel é deficiente. Cunha et al. (2011), ao testarem a uniformidade de deposição de calda no dossel da soja utilizando aplicação terrestre com pontas hidráulicas e aplicação aérea utilizando atomizador de disco verificaram que a mesma é baixa, necessitando de mais



estudos na área. Sabe-se que quanto menor o tamanho de gota, maior será a cobertura, porém o risco de deriva é maior (ANTUNIASSI; BOLLER, 2011). Gotas menores possuem pouca energia cinética, o que faz com que suas capturas pelos alvos sejam reduzidas.

Para evitar perdas, a pulverização eletrostática apresenta-se como uma solução tecnológica, pois pode melhorar a distribuição e deposição das gotas na planta, com menor contaminação ambiental, utilizando volumes reduzidos de calda, com menor custo de pulverização e melhor eficácia de controle do tratamento, em comparação com pulverizadores convencionais (ZHENG et al., 2002) e reduzindo a perda por evaporação e para o solo (CHAIM, 2002).

Esse tipo de pulverização consiste em acrescentar forças elétricas às gotas pequenas de maneira suficiente para controlar seus movimentos, inclusive o movimento contra gravidade, o que proporciona às gotas eletricamente carregadas a habilidade de se depositarem até mesmo na parte inferior das folhas (CHAIM et al., 1999). Para ocorrer a eletrificação das gotas no processo de indução com carga indireta é necessário que o tamanho de gotas seja entre 30 e 80 micrômetros e a manutenção do eletrodo de indução de alta tensão esteja posicionado próximo à zona de formação das gotas (CHAIM, 2007). A pulverização eletrostática depende de algumas características, como a tensão superficial do líquido, sistema de eletrificação de gotas, campo eletrostático, relação carga/massa, tamanho e velocidade das gotas (ZHENG et al., 2002)

Pesquisas sobre o uso de gotas eletrostáticas tiveram grande evolução após o sucesso do pulverizador manual Elettro-dyn (COFFEE, 1981) utilizado no nordeste do Brasil contra pragas do algodão na década de 80.

Desde então, diversas pesquisas têm demonstrado as vantagens da pulverização eletrostática. A aplicação eletrostática, utilizando pulverizador do tipo canhão, em pimentão permitiu redução seis vezes no volume de calda (DERKSEN et al., 2007) e, em pomares pode proporcionar um aumento de deposição de até 50% comparado com aplicações convencionais (XIONGKUI et al., 2011). Serra et al. (2008) mostraram que pontas que produzem gotas de menor diâmetro mediano volumétrico apresentaram maiores depósitos na parte abaxial das folhas de crisântemo quando utilizada a pulverização eletrostática, sendo que tal fato não foi observado quando utilizadas pontas que produzem gotas maiores e desprovidas de cargas. Martini et al. (2016) verificaram, em aplicação aérea na cultura do arroz irrigado, que o sistema eletrostático reduz a deriva comparado às pontas hidráulicas com pontas cônicas. Schroder e Loeck (2006)

verificaram que o sistema eletrostático, além de controlar plantas daninhas com mais eficácia, aumentou o rendimento operacional da aeronave em virtude da diminuição no volume de calda, em três vezes.

No entanto, vale ressaltar a existência de trabalhos realizados com a pulverização eletrostática que não proporcionaram melhoria na aplicação de agrotóxicos. Bayer et al. (2011) na cultura do arroz, verificaram menor penetração de gotas no interior da cultura e menores densidades de gotas, comparado a outros sistemas de pulverização em aplicação aérea. Segundo os autores estes resultados podem estar relacionados com a ausência de adjuvantes na calda utilizada para pulverização eletrostática, o que reduziria a vida útil da gota desde o momento da formação até sua deposição no alvo.

Podemos verificar que existem diversos trabalhos verificando a eficiência de controle e deposição de produto em diferentes culturas utilizando pontas hidráulicas e atomizadores rotativos em aplicações aéreas. Mas comparações dessas tecnologias com a pulverização eletrostática são poucas e geralmente existentes somente em aplicações aéreas. Quando se busca trabalhos utilizando essas três tecnologias em aplicações terrestres, é inexistente o resultado.

### **3. CAPÍTULO I**

## **CONTROLE DE FERRUGEM ASIÁTICA (EM FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO DE PULVERIZAÇÃO TERRESTRE UTILIZADO NA CULTURA DA SOJA**

### **3.1. Material e métodos**

O experimento foi realizado na safra de 2017/18 e 2018/19, na área experimental do departamento de Defesa Fitossanitária da Universidade Federal de Santa Maria, RS (UFSM), latitude 29°42'58.1"S, longitude 53°43'59.4"W e altitude média de 113m.

O delineamento experimental utilizado foi no esquema fatorial (4X2) com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por quatro tecnologias de pulverização: pontas hidráulicas tipo cone vazio marca JACTO JHC 80015, pontas hidráulicas tipo 3-D marca HYPRO FC-3D100-02, atomizador rotativo de disco e sistema de pulverização eletrostática (SPE-0). O segundo fator foi composto por duas cultivares de soja: a cultivar Brasmax Garra (63i64 RSF) IPRO e a cultivar Nidera 6909 IPRO. Ambas possuem um ciclo de maturação de 6,3, porém com característica estruturais diferentes.

A soja foi semeada dia 15/11/2017 na primeira safra e 22/11/2018 na segunda safra, sendo utilizado na semeadura um total de 15 sementes por metro para ambas as cultivares e, utilizado espaçamento entre linhas de 0,45m. O sistema de implantação foi realizado no sistema de plantio direto. As sementes foram previamente tratadas com inseticida fipronil (50 g i a. 100 kg de semente) e com o fungicida piraclostrobina (5 g i a. 100 kg de semente) + tiofanato metílico (45 g i a. 100 kg de semente). A adubação foi realizada com a distribuição na linha de semeadura conforme as Recomendações do Manual de Adubação e Calagem (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004) perante a análise de solo. Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações da Reunião da Pesquisa da Soja (EMBRAPA, 2014).

Para a pulverização foi utilizado um pulverizador tratorizado, com barra de 10 metros, onde foram instaladas as diferentes tecnologias de pulverização.

As diferentes tecnologias de pulverização foram utilizadas no momento da pulverização de fungicidas no ensaio. Foram realizadas 4 aplicações em cada tratamento, iniciando a primeira aplicação quando a soja se encontrava no estágio V8; a segunda aplicação em R1, a terceira aplicação em R1+15 dias e a quarta em R1+30 dias. Para a identificação dos estádios de desenvolvimento da planta foi utilizada a escala fenológica proposta por Fehr & Caviness (1977).

O fungicidas utilizados foram: picoxistrobina  $100\text{g.L}^{-1}$ + benzovindiflupir  $50\text{g.L}^{-1}$  na dose de  $0,6\text{ L.p.c.ha}^{-1}$  nas aplicações em V8 e R1 e, picoxistrobina  $200\text{g.L}^{-1}$ + ciproconazol  $80\text{g.L}^{-1}$  na dose de  $0,3\text{ L.p.c.ha}^{-1}$  nas aplicações em R1+15 e R1+30.

Para as tecnologias de pulverização tipo pontas hidráulicas, como a ponta cone e a ponta 3-D, foi utilizado a vazão de  $120\text{ L.ha}^{-1}$  de calda e pressão de 3 BAR; para atomizador rotativo foi utilizado a vazão de  $35\text{ L.ha}^{-1}$  e pressão 4 BAR, para sistema eletrostático foi utilizado a vazão de  $35\text{ L.ha}^{-1}$  e pressão 3 BAR.

Fenômenos climáticos como temperatura do ar, radiação solar e precipitação serão monitorados durante a condução do experimento através da estação meteorológica da Universidade Federal de Santa Maria, localizada a 500 metros da estação experimental.

A severidade da ferrugem da soja foi determinada através de análise visual aos 0,7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos tratamentos, atribuindo um percentual de área foliar com sintomas da doença, utilizando-se como base a escala diagramática para avaliação da ferrugem da soja proposta por GODOY et al. (2006). Com base na severidade observada, foi calculado da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), segundo CAMPBELL & MADDEN (1990).

O rendimento de grãos foi estimado por meio de colheita manual quando os grãos apresentarem umidade média de 22%, em área útil de  $4,5\text{ m}^2$  ( $5,0\text{ m} \times 0,9\text{ m}$ ) em cada parcela. Após a trilha, limpeza e pesagem dos grãos, os dados foram corrigidos para 13% de umidade e convertidos para  $\text{kg.ha}^{-1}$ .

Foi avaliado a massa de mil grãos (PMG) em cada repetição. Após a colheita foi reservado uma amostra de grãos de cada parcela (1kg). Desta amostra, foram contadas ao acaso, com contadores mecânicos, oito repetições de 100 grãos cada. A média das repetições represento a massa de mil grãos.

A significância dos efeitos de tratamentos foi determinada pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Para as análises, foi utilizado o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3.2. Resultados e discussão

Podemos observar os resultados de severidade da ferrugem asiática (AACPD) na figura 1 para safra 2017/18 e figura 2 para safra 2018/19. Não houve interação entre os equipamentos de pulverização utilizados e cultivares, portanto, estão disponíveis as médias de AACPD de cada equipamento de pulverização. Na figura 1 podemos verificar que a maior severidade da doença para a safra 2017/18 foi observada para a testemunha seguido para o atomizador. Já as pontas 3-D e Cone apresentaram-se com severidade estatisticamente iguais nesta safra. A menor severidade para esta safra foi observada no sistema eletrostático de pulverização.

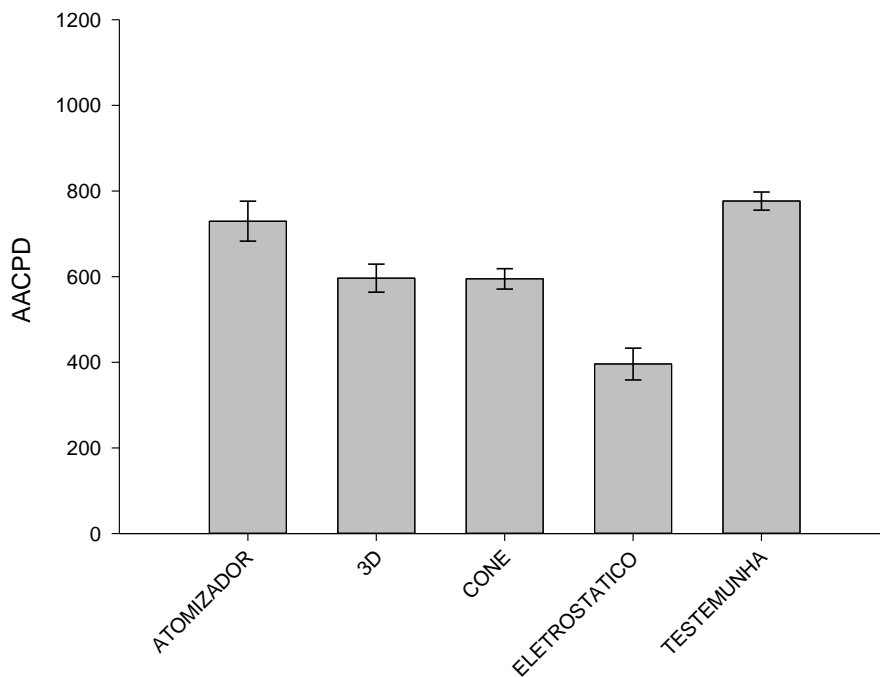


Figura 1. Área abaixo da curva da progressão da doença (AACPD) após as avaliações de severidade em relação aos equipamentos de pulverização utilizados na safra 2017/18. Santa Maria, 2021.

Na figura 2 podemos observar a severidade da safra 2018/19. A maior severidade para esta safra segue sendo a testemunha, seguido do atomizador. A menor severidade é observada para o sistema eletrostático novamente.

A diferença de severidade entre as safras pode ser explicada pelo número maior de dias de molhamento foliar durante o período vegetativo e enchimento de grãos na safra 2018/19 (dias chuvosos no período de dezembro em diante) (Figura 6). Quanto mais dias

chuvosos, mais as temperaturas são amenas e maior a umidade relativa do ambiente, o que favorece as doenças (IGARASHI et al., 2014)

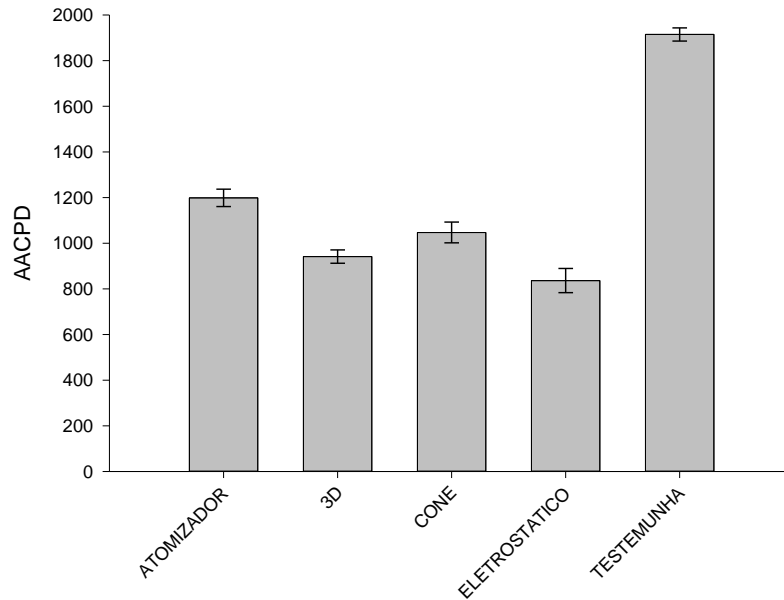


Figura 2. Área abaixo da curva da progressão da doença (AACPD) após as avaliações de severidade em relação aos equipamentos de pulverização utilizados na safra 2018/19. Santa Maria, 2021.

Na figura abaixo é observada as médias de produtividade e peso de mil grãos (PMG) para a safra 2017/18. A menor média de produtividade foi observada na testemunha igual a 3987,85 kg.ha<sup>-1</sup>, o equivalente a 66 sacos.ha<sup>-1</sup>. A maior média de produtividade foi observada com a utilização do atomizador, com 5261,61 kg.ha<sup>-1</sup>, no entanto não houve diferença estatística entre os demais tratamentos (3-D, cone e eletrostático). Já as médias de PMG não apresentaram diferença estatística em nenhum dos tratamentos utilizados para esta safra.

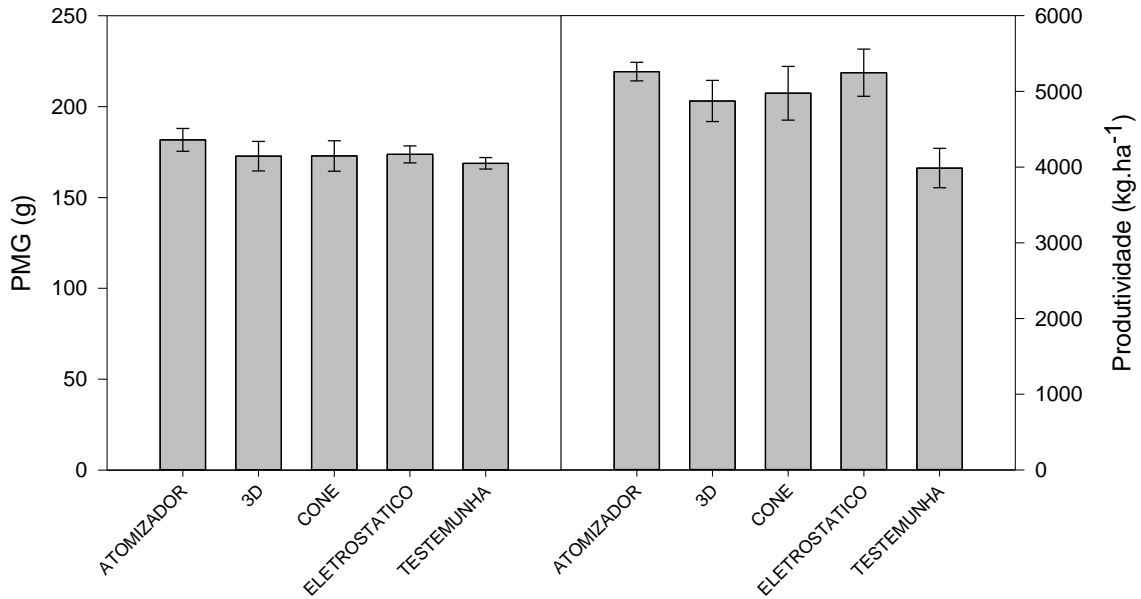


Figura 3. Médias de peso de mil grãos (g) e produtividade média (kg.ha<sup>-1</sup>) para cada equipamento de pulverização utilizado na safra 2017/18. Santa Maria, 2021.

Já na figura abaixo podemos observar as médias de produtividade e PMG para a safra 2018/19. A menor média de produtividade é observada para a testemunha com 3654,87 kg.ha<sup>-1</sup>. Já a maior média é observada para o sistema eletrostático com 5100 kg.ha<sup>-1</sup>. No entanto, os tratamentos atomizador, 3-D, cone e eletrostático não diferiram estatisticamente. Já as médias de PMG somente a testemunha diferiu estatisticamente dos demais tratamentos.

Bayer et al, (2014) ao testarem sistema eletrostático e atomizador rotativo de disco no arroz irrigado chegaram a produtividades estatisticamente iguais comparada a ponta hidráulica.

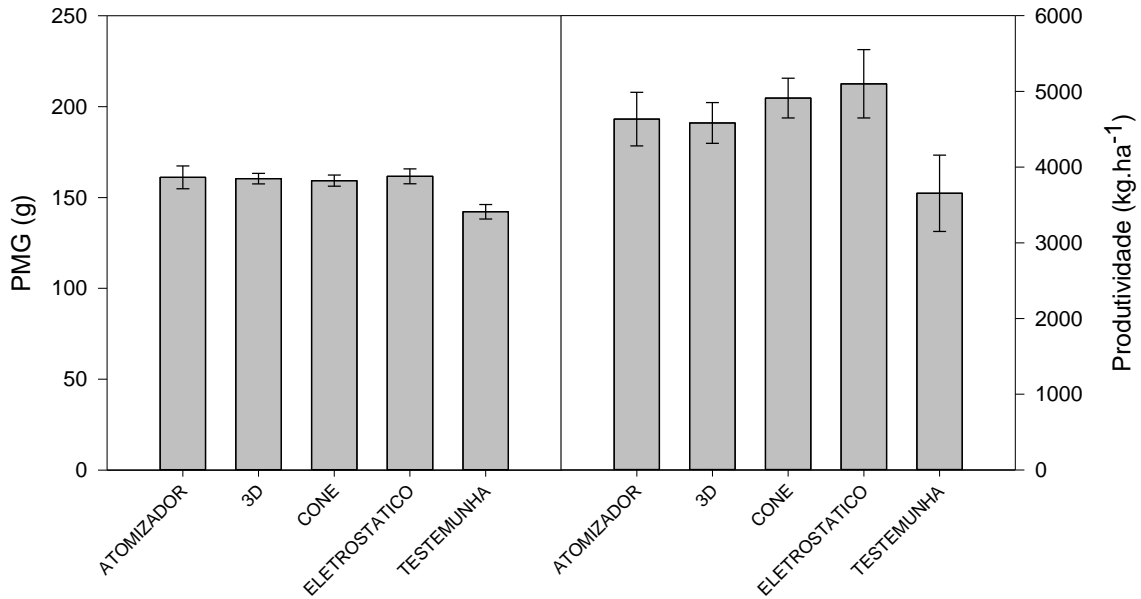


Figura 4. Médias de peso de mil grãos (g) e produtividade média (kg.ha<sup>-1</sup>) para cada equipamento de pulverização utilizado na safra 2018/19. Santa Maria, 2021.

Entre a média de produtividade das safras (4869 kg.ha<sup>-1</sup> para a safra 2017/18 e 4577 kg.ha<sup>-1</sup> para a safra 2018/19), há uma redução de 290 kg.ha<sup>-1</sup>. Esta redução pode estar ligada a maior severidade ocorrida na segunda safra. A redução da média de PMG também pode ser observada, resultado de uma severidade maior na segunda safra.



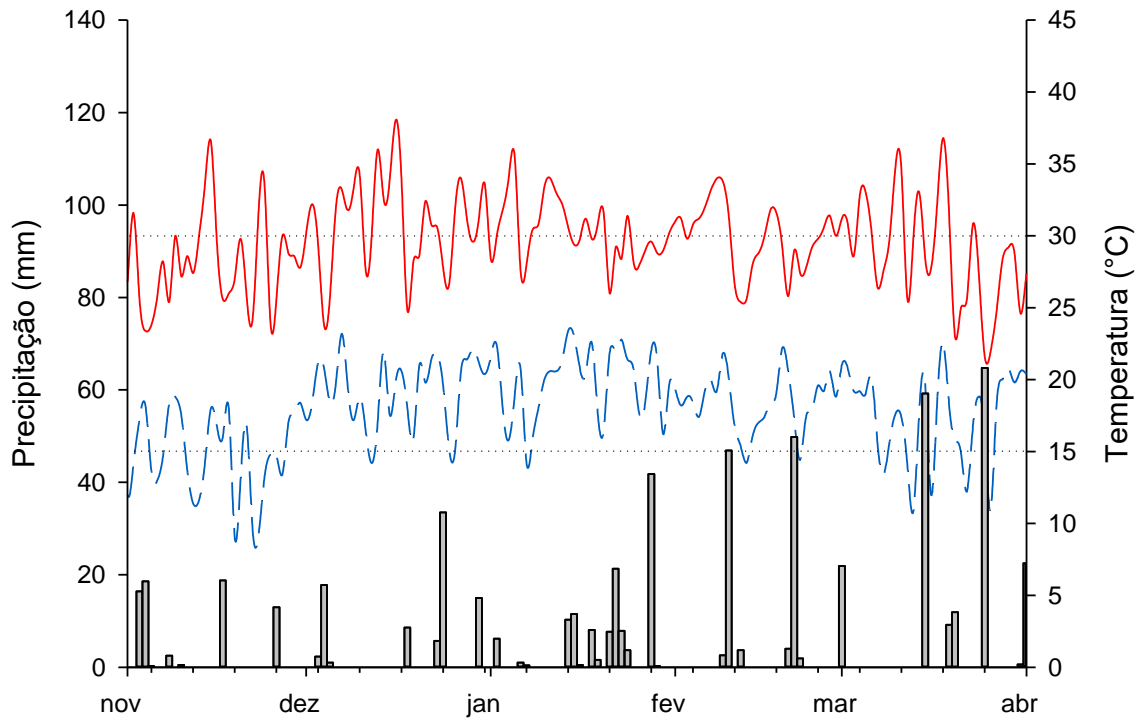


Figura 5. Temperatura do ar máxima e mínima e precipitação pluvial durante os meses de novembro a abril na safra 2017/18. Santa Maria, 2021.

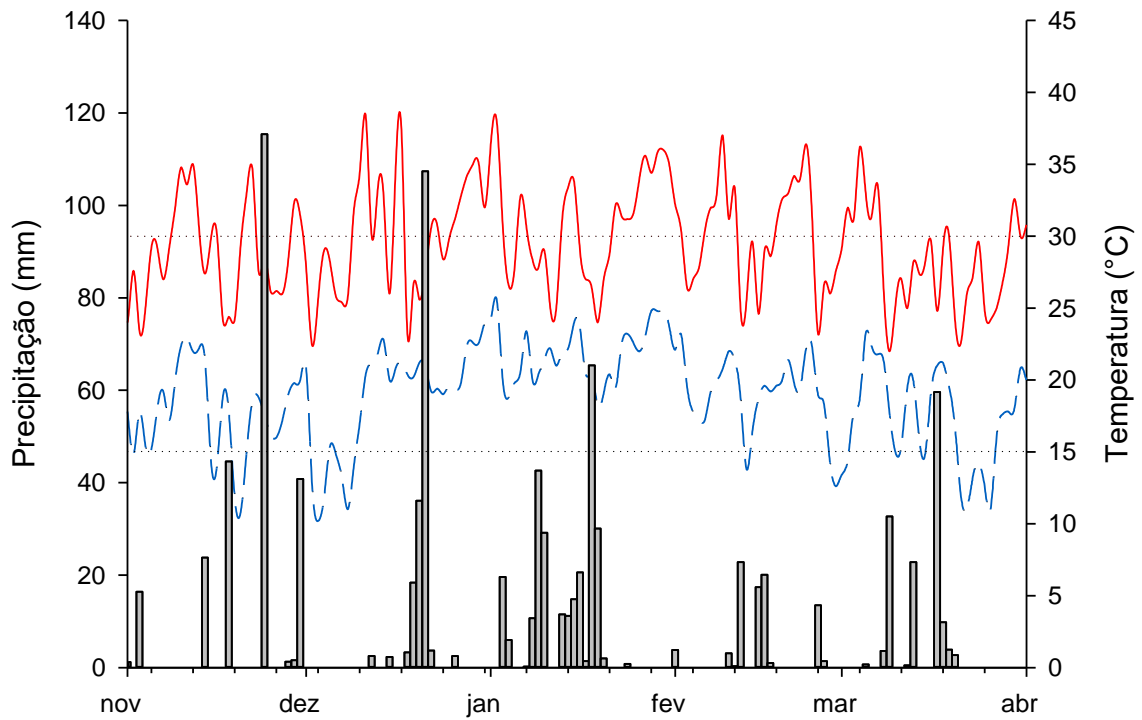


Figura 6. Temperatura do ar máxima e mínima e precipitação pluvial durante os meses de novembro a abril na safra 2018/19. Santa Maria, 2021.

Ao analisarmos os equipamentos de pulverização observamos que todos apresentaram médias iguais estatisticamente durante as duas safras. Isso mostra que todos equipamentos têm capacidade de realizar uma boa aplicação de fungicida e entregar um bom controle. No entanto o diferencial fica por conta da vazão utilizada.

Foi utilizado para atomizador rotativo e sistema eletrostático a vazão de  $35\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ , o que permite um rendimento de aplicação 3,4 vezes maior do que comparado com as pontas cone e 3-D, que foram utilizadas com uma vazão de  $120\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  cada.

### **3.3. Conclusão**

O atomizador rotativo e o sistema eletrostático permitem maior rendimento de aplicação devido sua menor vazão empregada.

O sistema eletrostático apresentou menor severidade de ferrugem asiática durante as duas safras.

Não houve diferença de produtividade em relação às tecnologias de pulverização utilizadas.

## 4. CAPÍTULO II

# DEPOSIÇÃO DE CALDA EM FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO DE PULVERIZAÇÃO TERRESTRE UTILIZADO NA CULTURA DA SOJA

### 4.1. Material e métodos

O experimento foi realizado na safra de 2017/18 e 2018/19, na área experimental do departamento de Defesa Fitossanitária da Universidade Federal de Santa Maria, RS (UFSM), latitude 29°42'58.1"S, longitude 53°43'59.4"W e altitude média de 113m.

O delineamento experimental utilizado foi no esquema fatorial (4X2) com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por quatro tecnologias de pulverização: pontas hidráulicas tipo cone vazio marca JACTO JHC 80015, pontas hidráulicas tipo 3-D marca HYPRO FC-3D100-02, atomizador rotativo de disco e sistema de pulverização eletrostática (SPE-0). O segundo fator foi composto por duas cultivares de soja: a cultivar Brasmax Garra (63i64 RSF) IPRO e a cultivar Nidera 6909 IPRO. Ambas possuem um ciclo de maturação de 6,3, porém com características estruturais diferentes.

A soja foi semeada dia 15/11/2017 na primeira safra e 22/11/2018 na segunda safra, sendo utilizado na semeadura um total de 15 sementes por metro para ambas as cultivares e, utilizado espaçamento entre linhas de 0,45m. O sistema de implantação foi realizado no sistema de plantio direto. As sementes foram previamente tratadas com inseticida fipronil (50 g i a. 100 kg de semente) e com o fungicida piraclostrobina (5 g i a. 100 kg de semente) + tiofanato metílico (45 g i a. 100 kg de semente). A adubação foi realizada com a distribuição na linha de semeadura conforme as Recomendações do Manual de Adubação e Calagem (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004) perante a análise de solo. Os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com as recomendações da Reunião da Pesquisa da Soja (EMBRAPA, 2014).

Para a pulverização foi utilizado um pulverizador tratorizado, com barra de 10 metros, onde foram instaladas as diferentes tecnologias de pulverização.

As diferentes tecnologias de pulverização foram utilizadas no momento da pulverização de fungicidas no ensaio. Foram realizadas 4 aplicações em cada tratamento, iniciando a primeira aplicação quando a soja se encontrava no estágio V8; a segunda aplicação em R1, a terceira aplicação em R1+15 dias e a quarta em R1+30 dias. Para a identificação dos estádios de desenvolvimento da planta foi utilizada a escala fenológica proposta por Fehr & Caviness (1977).

O fungicidas utilizados foram: picoxistrobina  $100\text{g.L}^{-1}$ + benzovindiflupir  $50\text{g.L}^{-1}$  na dose de  $0,6 \text{ p.c.ha}^{-1}$  nas aplicações em V8 e R1 e, picoxistrobina  $200\text{g.L}^{-1}$ + ciproconazol  $80\text{g.L}^{-1}$  na dose de  $0,3 \text{ p.c.ha}^{-1}$  nas aplicações em R1+15 e R1+30.

Para as tecnologias de pulverização tipo pontas hidráulicas, como a ponta cone e a ponta 3-D, foi utilizado a vazão de  $120 \text{ L.ha}^{-1}$  de calda e pressão de 3 BAR; para atomizador rotativo foi utilizado a vazão de  $35 \text{ L.ha}^{-1}$  e pressão 4 BAR, para sistema eletrostático foi utilizado a vazão de  $35 \text{ L.ha}^{-1}$  e pressão 3 BAR.

Para as avaliações do espectro gotas geradas nas aplicações, serão colocadas estacas com 1,0 m de comprimento na entrelinha da cultura, nas quais serão alocados horizontalmente cartões hidrossensíveis em três posições em relação à cultura, correspondendo aos terços inferior, médio e superior, sendo que a distância entre cartões será ajustada conforme a altura de cada cultivar. Os cartões serão coletados logo após a pulverização e envoltos em papel-alumínio de forma individual para evitar contato com a umidade. Para a determinação da densidade de gotas (DG), diâmetro médio de gotas, amplitude relativa, diâmetro mediano volumétrico (DMV) e potencial de deriva, serão obtidas imagens digitais dos cartões, através de scanner com resolução de varredura de 1.200 dpi, sendo as imagens submetidas à análise eletrônica pelo software DropScope® (SPRAYX, 2020).

Foi quantificado o índice de área foliar em R1, por método não destrutivo de acordo com Richter et al. (2014).

A significância dos efeitos de tratamentos foi determinada pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Para as análises, foi utilizado o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

## 4.2. Resultados e discussão

A população de plantas estabelecidas nas duas cultivares foi entorno de 28,5 plantas.m<sup>-2</sup>. Foi obtido o índice de área foliar (IAF) de cada cultivar no estágio R1, momento em que foi realizado avaliações de características de gotas que será mostrado abaixo. O IAF em R1 encontrado para cada cultivar foi de 10,5 (m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) para Nidera 6909 IPRO e 10,7 (m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) para BMX GARRA IPRO.

Os resultados de diâmetro médio volumétrico (DMV) para os equipamentos de pulverização em relação à posição de amostragem estão apresentados na tabela 1 para a safra 2017/18. Os maiores valores médios para DMV foram detectados nas pontas 3-D em todas as posições de amostragem. Já os menores valores foram observados no atomizador rotativo e sistema. eletrostático em todas as posições. Na safra seguinte (tabela 2), foi observado este mesmo comportamento.

Tabela 1. Médias de DMV (µm) de acordo com a posição de amostragem e média geral de Amplitude relativa (%) para cada equipamento de pulverização utilizado na safra 2017/18. Santa Maria, 2021.

Equipamentos de Pulverização	Posição de Amostragem (Terço)							
	DMV (µm)						Amplitude relativa (%)	
	Superior		Médio		Inferior		Média	
Atomizador	215,67	cA	228,88	bA	269,94	aA	1,02	a
Ponta 3-D	631,07	aA	380,67	aB	325,2	aB	1,1	a
Ponta Cônica	385,73	bA	253,6	bB	253,81	aB	1,15	a
Eletrostático	228,18	cA	208,67	bA	180,58	bA	0,94	a

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, na linha, e minúsculas, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Médias de DMV superiores a 500 µm sugerem problemas de escorrimento que comumente ocorrem com gotas maiores de 800 µm. Já médias de DMV abaixo de 250 µm indicam risco de deriva, principalmente com gotas inferiores a 100 µm (CUNHA et al. 2003). Com base nisto, a ponta 3-D apresenta maior chance de escorrimento já que produziu gotas médias/grossas de acordo com a norma S-572 (ASAE, 1999). No entanto, o atomizador rotativo e o equipamento eletrostático possuem maior risco de deriva uma vez produziram gotas finas de acordo com a mesma normativa.

As médias para o potencial de deriva para os equipamentos de pulverização nas safras 2017/18 e 2018/19 são observados na figura 1. Atomizador rotativo e sistema

eletrostático apresentam maior potencial de deriva na primeira safra com médias de 15% e 21% respectivamente. Na safra 2018/19 o atomizador rotativo apresenta 11,8 % de potencial de deriva, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Tabela 2. Médias de DMV ( $\mu\text{m}$ ) de acordo com a posição de amostragem e média geral de Amplitude relativa (%) para cada equipamento de pulverização utilizado na safra 2018/19. Santa Maria, 2021.

Equipamentos de Pulverização	Posição de Amostragem (Terço)				Amplitude relativa (%) Média
	DMV ( $\mu\text{m}$ )				
	Superior	Médio	Inferior		
Atomizador	145,64 bA	153,99 bA	155,73 bA		0,94 b
Ponta 3-D	420,42 aA	423,79 aA	317,54 aB		1,26 a
Ponta Cônica	341,22 aA	234,34 bA	287,33 aA		0,95 b
Eletrostático	208,56 bA	186,98 bA	198,5 bA		0,86 b

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, na linha, e minúsculas, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

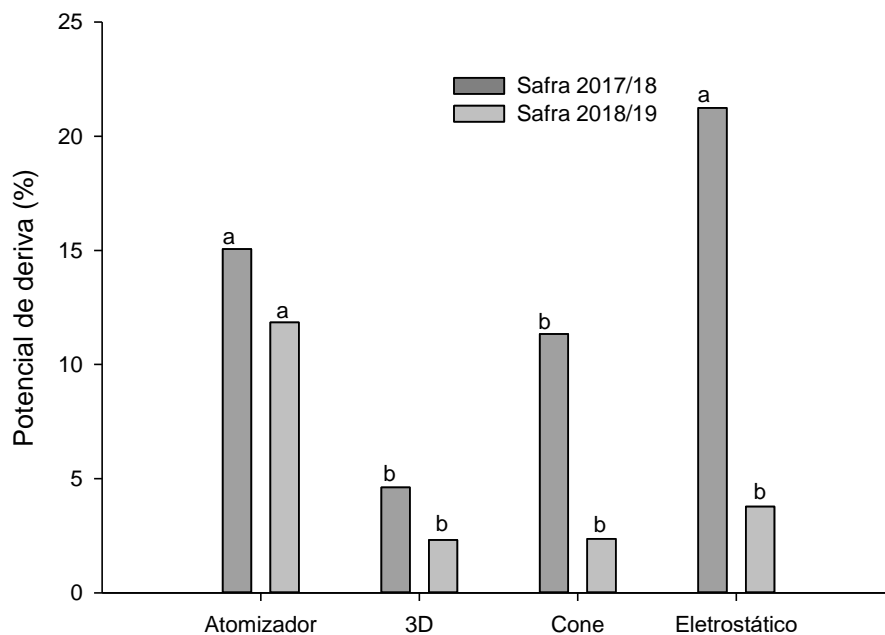


Figura 1. Médias de potencial de deriva (%) para cada equipamento de pulverização nas safras 2017/18 e 2018/19. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas para cada safra não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Santa Maria, 2021.

A amplitude relativa (AR) nos dá a ideia da qualidade do espectro de gotas. Quanto menor for este valor, mais homogêneas são as gotas (MATTHEWS, 2004). Durante a safra 17/18 (tabela1) não houve diferença estatística entre os tratamentos, onde foi observado em média uma AR de 1,05%. Já na safra 2018/19 a maior média de AR foi

observada com a utilização de pontas 3-D. Isso pode indicar potencial para a redução da qualidade do espectro de gotas, com maior variação no tamanho médio das gotas do espectro gerado para esta ponta (VIANA et al., 2010). Já as menores AR foram observadas para atomizador e, para equipamento eletrostático nas duas safras. As AR para atomizador, ponta cônica e equipamento eletrostático na safra 2018/19 apresentaram-se estatisticamente iguais.

Segundo Cunha et al. (2010) à medida que se quer aumentar a qualidade das pulverizações é necessário exigir mais do desempenho das pontas de pulverização, destacando em especial a homogeneidade do espectro de gotas. Ainda os autores afirmam sobre a importância da análise conjunta do DMV e da Amplitude Relativa, já que o diâmetro mediano volumétrico fornece um valor referencial sem indicar a dispersão dos dados, sendo assim mais precisa a avaliação dos efeitos dos equipamentos de pulverização testados no tamanho de gotas e na uniformidade do espectro de gotas.

Tabela 3. Médias de densidade de gotas ( $N.m^{-2}$ ) de acordo com a posição de amostragem) para cada equipamento de pulverização utilizado na safra 2017/18. Santa Maria, 2021.

Equipamentos de Pulverização	Densidade de gotas ( $N.m^{-2}$ )					
	Posição de Amostragem (Terço)					
	Superior		Médio		Inferior	
Atomizador	115,63	bA	50,18	aA	39,01	aA
Ponta 3-D	270,31	aA	81,49	aB	23,21	aB
Ponta Cônica	315,39	aA	90,34	aB	41,8	aB
Eletrostático	237,28	aA	106,03	aB	41,98	aB

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, na linha, e minúsculas, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

A densidade de gotas para a safra 2017/18 é observada na tabela 3, onde encontram-se as médias de densidades de gotas nas três posições de amostragem, em função dos equipamentos de pulverização, independente da cultivar utilizada. Observa-se tendência a depositar maior número de gotas na posição superior. Houve redução na densidade de gotas nos terços médios e inferior, para todas as pontas.

A maior densidade de gotas. $cm^{-2}$  na posição superior da planta é ocasionada pela maior exposição do alvo à pulverização da calda, enquanto a menor deposição de gotas nas posições inferiores é relacionada ao maior volume foliar da posição superior da planta de soja, que dificulta a penetração de gotas, interferindo no número de gotas nas posições inferiores.

Para a safra 2018/19 (tabela 4) podemos verificar que a densidade de gotas coletadas no terço superior foi maior estatisticamente em todos os tratamentos. Também, o equipamento eletrostático apresentou maior densidade de gotas no terço superior diferindo estatisticamente entre os demais tratamentos. Já nos demais terços de amostragem, os equipamentos de pulverização não diferiram estatisticamente entre si.

A densidade de gotas, proporcionada por todas as pontas nas três posições de amostragem na safra 2017/18, está adequada para pulverização de fungicidas sistêmicos, com exceção da ponta 3-D no terço inferior. No entanto, para a aplicação de fungicidas protetores, a densidade de gotas, proporcionada por todos os equipamentos na safra 2017/18 e, pelo atomizador e equipamento eletrostático no terço inferior na safra 2018/19 não está adequada. A recomendação é uma densidade de 30 a 50 gotas  $\text{cm}^{-2}$  para fungicidas sistêmicos e acima de 70 gotas  $\text{cm}^{-2}$  para fungicidas protetores (TORMEM et al., 2012).

Tabela 4. Médias de densidade de gotas ( $\text{N.m}^{-2}$ ) de acordo com a posição de amostragem) para cada equipamento de pulverização utilizado na safra 2018/19. Santa Maria, 2021.

Equipamentos de Pulverização	Densidade de gotas ( $\text{N.m}^{-2}$ )					
	Posição de Amostragem (Terço)					
	Superior		Médio		Inferior	
Atomizador	354,74	bA	97,24	aB	62,42	aB
Ponta 3-D	426,34	bA	192,42	aB	70,39	aB
Ponta Cônica	374,92	bA	216	aB	129,3	aB
Eletrostático	525,14	aA	155,42	aB	53,57	aB

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, na linha, e minúsculas, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Ao considerarmos o número de gotas no terço superior como 100%, podemos calcular a penetração de gotas em porcentagem no terço médio e inferior.

A figura 2 nos mostra a penetração de gotas para a safra 2017/18. Nesta safra a porcentagem de penetração de gotas no terço médio apresentou-se estatisticamente sem diferença entre os equipamentos de pulverização. Já para o terço inferior, a maior porcentagem de penetração foi observada para atomizador rotativo. Resultados semelhantes foram encontrados por Bayer et al. (2009) ao utilizarem atomizador rotativo, sistema eletrostático e pontas hidráulicas na aplicação de fungicidas em arroz irrigado.

Apesar dos resultados desta safra para a penetração, o número de gotas observado foi insuficiente para um controle eficiente no terço inferior.



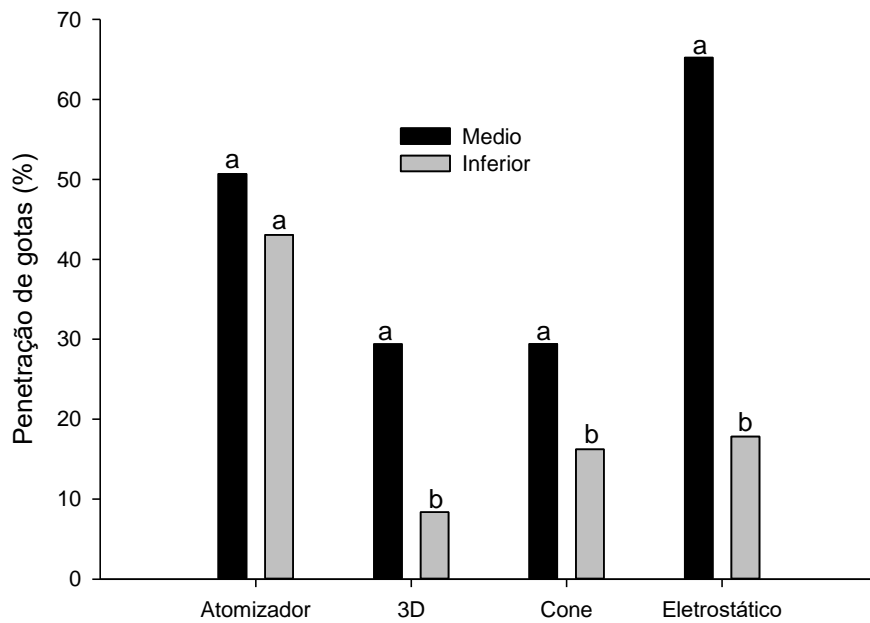


Figura 2. Penetração de gotas no terço médio e inferior da cultura, considerando 100% no terço superior para safra 2017/18. Médias seguidas da mesma letra em cada terço de coleta não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Santa Maria, 2021.

Para a safra 2018/19 (figura 3), não houve diferença estatística de porcentagem de penetração para os valores do terço médio e inferior. No entanto, a penetração de mais homogênea foi observada para atomizador rotativo.

Esse equipamento teve um rendimento menor em número de gotas, porém foi o que proporcionou uma penetração mais homogênea de acordo com os parâmetros avaliados.

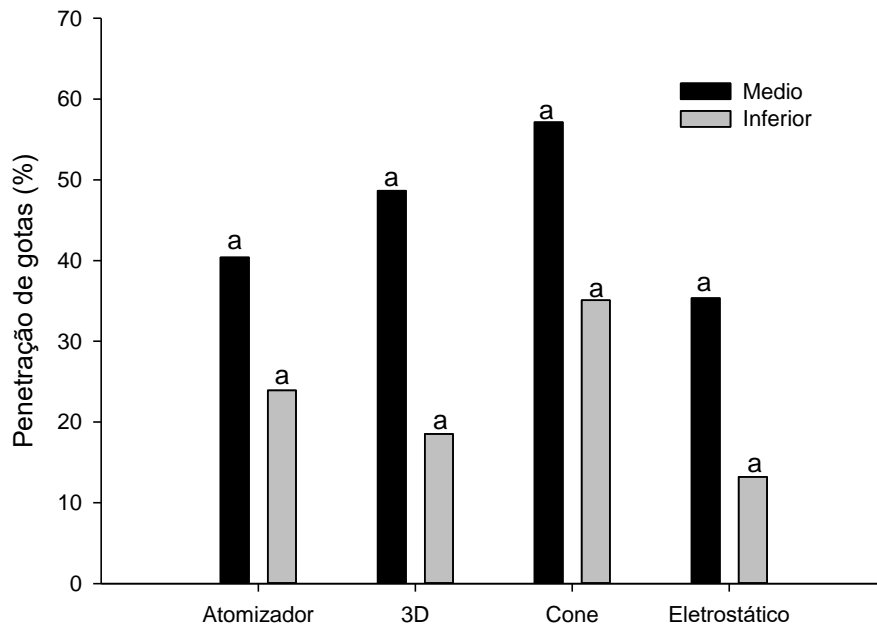


Figura 3. Penetração de gotas no terço médio e inferior da cultura, considerando 100% no terço superior para safra 2018/19. Médias seguidas da mesma letra em cada terço de coleta não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Santa Maria, 2021.

### 4.3. Conclusão

A utilização de pontas 3-D (HYPRO FC-3D100-02) proporciona uma aplicação satisfatória de gotas até o terço médio e também, pode sofrer escorrimento superficial por produzir gotas consideradas grossas.

Atomizador rotativo e sistema eletrostático apresentaram eficiência na aplicação de gotas em todos os terços de amostragem para fungicidas sistêmicos. Caso o fungicida a se utilizar seja de contato, deve-se ter atenção redobrada com a aplicação ou utilizar outra tecnologia.

Atomizador rotativo apresentou maior penetração de gotas, no entanto foi o equipamento que produziu menos gotas nas condições utilizadas.

O risco de deriva é maior para atomizador rotativo e sistema eletrostático por produzirem gotas relativamente finas ou muito finas, o que necessita atenção redobrada com as condições de aplicação.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem da soja. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA, 1. 2005, Uberlândia. **Coletânea...** Uberlândia: EDUFU, 2005. p.193-219.

ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011. p.221-229.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. **Spray nozzle classification by droplet spectra**. St. Joseph: ASAE, 2000. p.389-391. (ASAE Standard S572 AUG99).

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G.; PEREIRA, F. A. R. Padrões de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano 11002, com e sem indução de ar, sob diferentes espaçamentos e alturas. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.26, n.2, p.546-551, 2006.

BAYER, T. et al. Aplicação aérea de fungicidas com diferentes equipamentos e volumes sobre a produtividade, qualidade de grãos e controle de doenças em arroz irrigado. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.44, n.8, p.1377-1383, 2014.

BAYER, T. et al. Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.15, n.2, p.192-198, 2011.

BOLLER, W.; FORCELINI, C.A.; HOFFMANN, L.L. Tecnologia de aplicação de fungicidas - parte I. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo, v.15, p.243-276, 2007.

BUENO, M. R., et al. Deposição de calda na aplicação aérea e terrestre de fitossanitário na cultura da batata. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.33, n.6, p.1210-1222, 2013.

CAMARGO, T. V. Aplicação aérea e terrestre de fungicidas no controle de ferrugem da soja. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA, 1., 2005, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: EDUFV, 2005. p.181-191.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Forecasting plant diseases. In:\_\_\_\_\_. **Introduction to Plant Disease Epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990. cap.15, p.423-452.

CAVALIERI, J. D. et al. Spraying systems and traveling speed in the deposit and spectrum of droplets in cotton plant. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.35, n.6, p.1042-1052, 2015.

CENTRO BRASILEIRO DE BIOAERONAUTICA (CBB). **Manual BVO aéreo**. Disponível em: <<http://www.bioaeronautica.com.br/manuais/manuais.php>>. Acesso em: 29 nov. 2016.

CHAIM, A. et al. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura do tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.5, p.741-747, 1999.

CHAIM, A. pulverização eletrostática com bicos hidráulicos. **Pesticidas: r. ecotoxicol. e meio ambiente**. Curitiba, v.17, p.67-74, 2007.

CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINI, V. L. Eficiência de deposição de agrotóxicos obtida com bocal eletrostático para pulverizador costal motorizado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 37, n. 4, p. 497-501, 2002.

CHAIM, A.; WADT, L. G. R. Artigo - **Pulverização eletrostática: a revolução na aplicação de agrotóxicos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2615385/artigo---pulverizacao-eletrorstatica-a-revolucao-na-aplicacao-de-agrotoxicos>>. Acesso em 29 nov.2016

CHRISTOVAM, R.S. et al. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**. Campinas, v.69, n.1, p.231-238, 2010.

COFFEE, R.A. Electrodynamic crop spraying. **Outlook on Agriculture**. Elmsford, v.10, n.7, p.350-356, 1981.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 1. Ed. Frederico Westphalen, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira. Brasília: **CONAB**, v.3, n.12, setembro 2016. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_09\\_09\\_15\\_18\\_32\\_boletim\\_12\\_setembro.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_09_15_18_32_boletim_12_setembro.pdf)> Acesso em: 31 de outubro de 2016.

CUNHA, J.P.A.R. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**. v.21, p.325-32, 2003.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.31, n.2, p.343-351, 2011.

CUNHA, J.P.A.R. et al. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.28, n.2, p.283-291, 2008.

CUNHA, J.P.A.R. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**. Viçosa. v. 28, p. 1153-1158, 2010.

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**. Santa Maria, v.35, n.5, p.10691-1074, 2005.

DERKSEN, R. C. Field evaluation of application variables and plant density for bell pepper pest management. **ASABE**. Saint Joseph Michigan, v.50, n.6, p.1945-1953, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 40, 2014, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 124p.

FEHR, W.R. CAVINESS, C.E. **Stage of soybean development**. Iowa State University. Special report 80, March, 1977. p.25-26.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**. Lavras v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FURLAN, S. H. Impacto da ferrugem asiática da soja no Brasil. **Summa Phytopathologica**. Botucatu, v.31, n.1, p.119-120, 2005.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, v.31, n.1, p.63-68, 2006.

HOLLAND, J.M. et al A comparison of spinning disc atomisers and flat fan pressure nozzles in terms of pesticide deposition and biological efficacy within cereal crops. **Crop Protection**. Guildford, v.16, n.2, p.179-185, 1997.

IGARASHI, W.T. et al. Duração e porcentagem de molhamento foliar determinados pelo espaçamento entrelinhas, e influência sobre a ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathol**. Botucatu, v. 40, n. 2, p. 123-127, 2014.

MARTINI, A. T. et al. Pesticide drift from aircraft applications with conical nozzles and electrostatic system. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.46, n.9, p. 1678-1682, 2016.

MATTHWES, G. A. How was the pesticide applied. **Crop Protection**. Guildford, v.23 n.7, p.651-653, 2004.

MATUO, T. et al. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas e equipamentos e técnicas de aplicação. In: ABEAS. **Curso de proteção de plantas**. Mod. 2, especialização por tutoria à distância. Brasília: ABEAS, 2001. p.71.

MELO, C. L. P.; ROESE, A. D.; GOULART, A. C. P. Tolerância de genótipos de soja à ferrugem-asiática. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.45, n.8, p.1353-1360, 2015.

OZKAN, H.E. et al. Evaluation of various spraying equipment for effective application of fungicides to control asian soybean rust. **Aspects of Applied Biology**. Warwick, v.77, n.1, p.1-8, 2006.

RICHTER, G. L. Estimativa da área de folhas de cultivares antigas e modernas de soja por método não destrutivo. **Bragantia**. Campinas, v.73, n.4, p.416-425, 2014.

SARI, B.G. et al. Controle de doenças foliares em trigo com equipamentos de pulverização de baixo volume de aplicação. **Ciência Rural**. v.44, n.11, p.1966-1972, 2014.

SCHRODER, E. P.; LOECK. A. E. Avaliação do sistema de pulverização eletrostática aérea na redução do volume de calda e dosagem do herbicida glifosate. **Revista Brasileira de Agrociência**. Pelotas, v.12, n.3, p.319-323, 2006.

SERRA, M.E.; CHAIM, A.; RAETANO, C.G. Pontas de pulverização e eletrificação das gotas na deposição da calda em plantas de crisântemo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.43, n.4, p.479-485, 2008.

SPRAYX. **DropScope**. Disponível em: < <https://www.sprayx.com.br/ds/>>. Acesso em 24 jan. 2020.

STEFANELO, M. S. et al. Caracterização da pulverização de fungicida na cultura do trigo com pontas hidráulicas e atomizadores rotativos de discos. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.34, n.5, p.1012-1018, 2014.

TEIXEIRA, E. S. et al. Uso de baixo volume oleoso e assistência de ar no controle de plantas daninhas. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v.31, n.1, p.1229-1234, 2010.

TORMEN, N. R. et al. Deposição de gotas no dossel e controle químico de *Phakopsora pachyrhizi* na soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.7, p.802-808, 2012.

VIANA, R.G. et al. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**. Viçosa, v.28, n.2, p.439-446, 2010.

XIONGKUI, H. et al. Precision orchard sprayer based on automatically infrared target detecting and electrostatic spraying techniques. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**. Beijing, v.4, n.1, p.35-40, 2011.

YORINORI J. T. A.; YUYAMA, M. M.; SIQUERI, F. V. **Doenças da soja**. Boletim de pesquisa de soja 2013/2014, Fundação MT, n° 16, 2013.

YORINORI, J. T. et al. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, nas safras 2000/01 e 2001/02. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu, 2002, p. 94.

YORINORI, J.T.et al. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay. **Plant Disease**. Saint Paul, v.89, n.6, p.675-677, 2005.

ZHENG, J. et al. Advances in pesticide electrostatic spraying in China. **Transaction of the ASAE**. Saint Joseph Michigan, v.34, n.2, p.1-12, 2002.