



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

FELIPE ZÔRZO

VOLUMES DE CALDA PARA APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NA SOJA

CERRO LARGO

2015

FELIPE ZÔRZO

VOLUMES DE CALDA PARA APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NA SOJA

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Zambillo Palma.

CERRO LARGO

2015

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes volumes de calda para aplicação de fungicida na soja via pulverizador de barras tratorizado sobre o espectro das gotas, severidade da ferrugem asiática da soja e produtividade da soja. O trabalho foi desenvolvido durante o ano agrícola de 2014/2015, na área experimental da propriedade rural do senhor Hilário Zôrzo, interior do município de Guarani das Missões em área localizada entre as coordenadas geográficas 28°09'39"S e 54°39'47"O, com altitude média de 274 metros. O experimento foi realizado em delineamento experimental de blocos ao acaso com 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram quatro diferentes volumes de calda e uma testemunha sem aplicação de fungicida. Os volumes de calda utilizados foram de 210; 133; 100; e, 84 L ha⁻¹ obtidos com diferentes velocidades de deslocamento do conjunto trator e pulverizador. Durante as aplicações foi conduzido, um estudo do espectro das gotas pulverizadas, para determinação da porcentagem de cobertura do alvo, densidade em gotas cm⁻² e diâmetro médio volumétrico das gotas (DMV) em cada um dos terços da planta (inferior, médio e superior) nos diferentes tratamentos. Também foi avaliada a severidade da doença com base na escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja proposta por Godoy (2006). Após a colheita analisou-se o número de vagens por terço da planta; número de grãos por vagem em cada terço; massa de mil grãos; e, produtividade. Os dados foram analisados e comparados entre as médias através da aplicação do teste de Scott-Knott a 5% de significância. Diferentes volumes de calda para aplicação de fungicida na soja via pulverizador de barras tratorizado não proporcionaram diferença na produtividade da soja entre os tratamentos. Houve diferença apenas dos tratamentos com fungicida em relação à testemunha sem aplicação de fungicida. Obteve-se um ganho de produtividade de 730 kg ha⁻¹ nos tratamentos com fungicida em relação à testemunha, indicando viabilidade da aplicação de fungicida na soja, inclusive com menores volumes de calda por hectare como 100 e 84 L ha⁻¹, trazendo maior economia e eficiência nas aplicações tratorizadas.

Palavras-Chave: *Glycine max.* *Phakopsora pachyrhizi*. Tecnologia de aplicação.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the influence of different spray volumes for fungicide application on soybeans via trailed boom sprayer on the spectrum of drops, severity of soybean rust and soybean yield. The study was conducted during the agricultural year 2014/2015, in the experimental area of the country estate of Sir Hilario Zorzo, inside the municipality of Guarani das Missões in the area located between the geographic coordinates 28°09'39 "S and 54°39'47" O, with an average altitude of 274 meters. The experiment was conducted in experimental design of randomized blocks with 5 treatments and 4 repetitions. Treatments were four different spray volumes and a control without fungicide application. The spray volume used was 210; 133; 100; and 84 L ha⁻¹ obtained at different displacement speeds of the tractor and sprayer assembly. During the application was conducted, a spectrum of the study of spray droplets for determination of the target coverage percentage, density droplets cm⁻² and volume average droplet diameter (MVD) in each plant thirds (lower, medium, and above) in different treatments. It also evaluated disease severity based on the diagrammatic scale to assess the severity of soybean rust proposed by Godoy (2006). After harvesting analyzed the number of pods per plant third; number of seeds per pod in each third; thousand grain weight; and productivity. The data were analyzed and compared between the means by applying the Scott-Knott test at 5% significance level. Different spray volumes for fungicide application on soybean by tractor boom sprayer provided no difference in the yield of soybean between treatments. There was a difference of only fungicide treatments compared to the control without fungicide application. We obtained a productivity gain of 730 kg ha⁻¹ in treatments with fungicides compared to the control, indicating viability of fungicide application on soybeans, even at lower spray volumes per hectare to 100 and 84 L ha⁻¹, providing greater economy and efficiency in applications.

Keywords: *Glycine max.* *Phakopsora pachyrhizi.* Application Technology.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1. A CULTURA DA SOJA	8
2.2. FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA	8
2.3. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS.....	10
2.3.1. Tecnologia de aplicação de fungicidas	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÃO	34
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das culturas de maior importância nos cultivos da agricultura mundial. No Brasil, apresenta um significativo aumento na sua área plantada e na produção. Também, existe a tendência de aumento da produtividade, incrementando a produção na mesma área de cultivo. Contudo, o cultivo da soja em larga escala, acarreta em maior incidência de pragas e doenças que acabam afetando o rendimento final da cultura (CRUZ et al., 1995).

O controle de doenças ainda é uma das principais preocupações dos produtores de soja no Brasil, notadamente no que se refere à ferrugem asiática da soja (ANTUNIASSI e BOLLER, 2011).

A ferrugem-asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é uma das doenças mais severas que incide na cultura da soja, com danos variando de 10% a 90% nas diversas regiões onde foi relatada (SINCLAIR; HARTMAN, 1999; YORINORI et al., 2005). Os sintomas iniciais da doença são pequenas lesões foliares, de coloração castanha a marrom-escura. Na face inferior da folha, pode-se observar urédias que se rompem liberando os uredosporos. Plantas severamente infectadas apresentam desfolha precoce, comprometendo a formação, o enchimento de vagens e o peso final do grão. Quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho do grão e, conseqüentemente, maior será a perda de rendimento e de qualidade (YANG et al., 1991).

O controle químico da ferrugem asiática da soja é uma prática cultural bastante frequente nas lavouras brasileiras (SCHERMA et al., 2009). Geralmente, é dada maior importância ao produto a ser utilizado no controle, e menor quanto à forma de utilização dos fungicidas (BUENO et al., 2011).

A tecnologia de aplicação é o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1998).

No caso de uma aplicação de fungicidas para o controle da ferrugem asiática na soja, há a necessidade de uma boa penetração das gotas no dossel da planta e, para isso ocorrer, devem ser usadas gotas finas ou muito finas. (ANTUNIASSI e BOLLER, 2011).

Uma das variáveis importantes na aplicação de fungicidas, para o controle da ferrugem asiática, é o volume de calda. Atualmente, existe a tendência de reduzir o volume, visando diminuir os custos de aplicação e aumentar a eficiência da pulverização (SILVA, 1999). Segundo Cunha et al. (2006), o uso de menor volume aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores.

Desta forma, torna-se importante verificar se a utilização de menores volumes de calda, para a aplicação de fungicidas, utilizando gotas finas, que proporcionam maior cobertura e penetração, pode comprometer a eficiência do controle da doença e da produtividade da cultura da soja. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes volumes de calda para aplicação de fungicida na soja via pulverizador de barras tratorizado sobre o espectro das gotas, severidade da ferrugem asiática da soja e produtividade da soja.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max*) é mundialmente caracterizada como um cultivo de grande importância econômica. Trata-se de uma cultura com inúmeros desafios para uma produção com qualidade e alta produtividade, e, dentre estes, está o controle eficaz de pragas e principalmente doenças foliares causadas por fungos, que normalmente demandam duas ou três aplicações de fungicidas (CUNHA et al., 2011).

O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, com uma produção nacional da oleaginosa na última safra (2014/2015) de 96,24 milhões de toneladas, ante 86,12 milhões de toneladas da safra passada (2013/2014). A área cultivada para a safra (2014/2015) foi de 32,09 milhões de hectares, ante 30,17 milhões de hectares na safra passada (2013/2014) (CONAB, Setembro/2015).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), na última safra (2014/2015), a produção de soja no estado do Rio Grande do Sul foi de 14,88 milhões de toneladas em uma área aproximada de 5,25 milhões de hectares, representando 15,46% da produção nacional, o que ressalta a importância do cultivo desta cultura no estado (CONAB, Setembro/2015).

A expansão da cultura no Brasil permitiu forte redução no preço da carne, melhorando sobremaneira a nutrição dos brasileiros. A cultura da soja também foi o motor econômico das novas fronteiras agrícolas do país, pois regiões antes pobres, se transformaram em líderes de desenvolvimento humano em diversas regiões do Brasil (BARROS et al., 2013).

Grandes índices de produtividade têm sido alcançados nos últimos anos, em consequência de estudos e avanços científicos na área da agricultura, sendo considerada uma atividade de grande complexidade.

2.2. FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

A ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, tem se tornado a principal doença da soja nos últimos anos, ocasionando perdas severas de rendimento quando seu controle não é feito de maneira eficaz.

Os sintomas da doença iniciam-se nas folhas inferiores da planta. Temperaturas entre 8 e 36 °C, sendo ótimas entre 19 e 24 °C, e período mínimo de molhamento de 6 horas favorecem a ocorrência da doença (EMBRAPA, 2012).

Para reduzir o risco de danos à cultura, as estratégias de manejo recomendadas no Brasil para essa doença são: utilização de cultivares de ciclo precoce e semeadura no início da época recomendada; eliminação de plantas de soja voluntárias na entressafra por meio do vazio sanitário; monitoramento da lavoura desde o início do desenvolvimento da cultura da soja; utilização de fungicidas no aparecimento dos sintomas ou preventivamente; e, utilização de cultivares resistentes, quando disponíveis (TECNOLOGIAS, 2011).

O controle químico da ferrugem asiática da soja nas lavouras brasileiras é uma prática cultural bastante frequente (SCHERMA et al., 2009). Na ausência do controle químico, a ferrugem asiática pode causar grandes prejuízos na produtividade esperada da cultura (BUENO et al., 2011).

O controle químico deve ser efetuado na lavoura no início do aparecimento dos primeiros sinais ou preventivamente a partir do surgimento da doença em lavouras na região (EMBRAPA, 2012). As bulas da maioria dos fungicidas recomendam para o controle da ferrugem asiática da soja, deve ser realizada a primeira aplicação de forma preventiva até o estágio R 3 (início da formação das vagens), segundo classificação de Ritchie et al. (1982); e, reaplicação em intervalo máximo de 14 dias, caso as condições estejam favoráveis para o desenvolvimento da doença ou no estágio R 5.1 (grãos perceptíveis ao tato - o equivalente a 10% da granação).

Contudo, essa fase coincide com o momento em que as plantas atingem o grau máximo de desenvolvimento vegetativo, com total fechamento e elevado índice de área foliar, portanto, as aplicações necessitam da máxima capacidade de penetração na massa de folhas e cobertura das mesmas, mesmo para a aplicação de fungicidas com características de ação sistêmica (ANTUNIASSI et al., 2004).

2.3. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

A tecnologia de aplicação é definida como a prática que emprega todos os conhecimentos científicos que proporcionem a colocação do produto biologicamente ativo no alvo desejado, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1998).

Para o planejamento de uma aplicação de fungicida, do ponto de vista da tecnologia de aplicação, o tamanho de gotas e o volume de aplicação são fatores básicos que devem ser considerados em primeiro lugar. Outros fatores importantes, como o momento de aplicação, as condições climáticas, a recomendação do produto e as condições operacionais devem ser considerados em conjunto para que todo o sistema esteja ajustado, visando ao máximo o desempenho dos produtos aplicados com o mínimo de perdas, sempre com o menor impacto ambiental possível (ANTUNIASSI e BOLLER, 2011).

Em resumo, busca-se obter a máxima eficiência do produto fitossanitário com o menor volume de calda possível, sendo uma variável de grande importância no momento da seleção de pontas de pulverização. Para utilização de menores volumes de calda e, ao mesmo tempo, proporcionar a cobertura desejada do alvo biológico, costuma-se reduzir o tamanho das gotas (RAETANO, 2011b).

2.3.1. Tecnologia de aplicação de fungicidas

A aplicação de fungicidas para o controle da ferrugem asiática é uma das principais preocupações dos produtores após o florescimento da cultura da soja. Quando as plantas atingem o grau máximo de desenvolvimento vegetativo, com total fechamento e elevado índice área foliar, as aplicações de fungicidas necessitam da máxima capacidade de penetração no dossel das plantas e cobertura das mesmas (ANTUNIASSI et al., 2004).

A tendência nas aplicações de produtos fitossanitários em geral, tem sido o decréscimo no volume de calda aplicado, minimizando o uso da água pela escassez mundial desse recurso natural e por ser o principal diluente dos produtos formulados, com consequente redução no tempo de aplicação, aumentando a autonomia das máquinas (RAETANO, 2011b).

Durante a aplicação dos produtos fitossanitários, as gotas geradas pelas máquinas aplicadoras, ao se deslocarem até o alvo, podem ser arrastadas pelo vento ou por correntes de

ar ascendentes, causando perdas e alcançando locais indesejados, vindo a contaminar áreas próximas ou distantes, fora do local de aplicação. Esse fenômeno é conhecido por deriva e consiste em um dos mais sérios problemas das aplicações de produtos fitossanitários. Quanto menor o diâmetro das gotas produzidas pelas máquinas, maior a sua suscetibilidade à deriva. Gotas menores que 150 micrômetros (μm) são mais suscetíveis à deriva, e por isso, são classificadas como gotas com potencial de risco de deriva (PRD), sendo que o PRD é a porcentagem do volume pulverizado constituído de gotas menores que 150 μm . Na Tabela 1, podem ser observados os limites estabelecidos quanto as seis categorias de “qualidade de pulverização”, com base no tamanho das gotas geradas, segundo os órgãos normatizadores internacionais, como o BCPC (Conselho Britânico de Proteção de Culturas) e ASAE (Associação Americana de Engenharia Agrícola) (RAETANO, 2011b).

Tabela 1. Classes de tamanho de gotas segundo normas ASAE S-572 e BCPC com as respectivas características. * DMV = diâmetro mediano volumétrico de uma amostra de gotas. Fonte: adaptado de Raetano, 2011b.

Classe da Pulverização	DMV*	DMV*	PRD (Norma BCPC)
	aproximado (Norma ASAE)	aproximado (Norma BCPC)	
Muito fina	< 150 μm	< 119 μm	57%
Fina	150 - 250 μm	120 - 216 μm	20 - 57 %
Média	250 - 350 μm	217 - 352 μm	5,7 - 20 %
Grossa	350 - 450 μm	353 - 464 μm	2,9 - 5,7 %
Muito grossa	450 - 550 μm	> 464 μm	< 2,9 %
Extremamente grossa	>550 μm	----	----

Outra questão fundamental para o sucesso da aplicação de fungicidas é a de adequação da tecnologia de aplicação às condições climáticas durante o momento das aplicações (ANTUNIASSI e BOLLER, 2011). Quanto às condições ambientais a serem observadas no momento da aplicação, a temperatura do ar ideal deve situar-se entre 15 e 25 °C, com um máximo de 30 °C. A umidade relativa do ar deve ser superior a 60%, tolerando-se um mínimo de 55%. A velocidade do vento ideal para pulverização situa-se na faixa de 3 a 7 Km h⁻¹, sendo que velocidades do vento muito baixas, inferiores a 3 Km h⁻¹ podem estarem associadas com correntes de ar convectivas ou com a inversão atmosférica, ao mesmo que a velocidades

do vento mais elevadas, acima de 7 Km h^{-1} , aumentam o risco de deriva das aplicações (RAETANO, 2011a).

A chuva e o orvalho são fatores climáticos que também merecem atenção no momento do planejamento das aplicações para o controle de doenças. No caso da chuva, deve-se observar o intervalo mínimo de tempo entre a aplicação do fungicida e a ocorrência da chuva, visando permitir o tempo mínimo para a penetração dos produtos, de acordo com as recomendações dos fabricantes. No caso do orvalho, a presença de água nas folhas pode elevar as chances de um eventual escorrimento durante a aplicação. Porém, é comum, encontrar relatos práticos de que a presença de orvalho pode ser benéfica, devido à redistribuição dos produtos fitossanitários nas folhas das plantas (ANTUNIASSI e BOLLER, 2011).

Quanto aos fatores relacionados à máquina aplicadora de produtos fitossanitários, os dispositivos geradores das gotas, denominados de pontas de pulverização, são os elementos mais importantes de um pulverizador, pois são responsáveis pela vazão da barra, taxa de aplicação, tamanho das gotas formadas e sua distribuição sobre o alvo (BOLLER e RAETANO, 2011). As pontas são os componentes mais significativos dos pulverizadores de barras e apresentam como funções básicas: fragmentar o líquido em pequenas gotas, distribuir as gotas e controlar a saída do líquido por unidade de área (SIDAHMED, 1998).

Para a correta escolha da ponta de pulverização, devem ser consideradas como critérios as condições ambientais durante a aplicação, a qualidade adequada da pulverização para cada classe de produto fitossanitário, em termos de tamanho de gotas, densidade de cobertura, minimização das perdas por deriva e por escorrimento, uniformidade de distribuição e volume de calda pulverizado, e as características do alvo biológico a ser atingido (BOLLER e RAETANO, 2011).

Gotas menores possuem melhor capacidade de cobertura, oferecendo maior número de gotas/cm² e maior capacidade de penetração, sendo recomendadas quando é necessária boa cobertura e boa penetração. Entretanto, gotas pequenas podem ser mais sensíveis à evaporação e aos processos de deriva (ANTUNIASSI e BOLLER, 2011). Segundo Márquez (1997), os valores básicos de cobertura para aplicação de fungicidas é de 50 a 70 gotas (cm²)⁻¹ e o tamanho das gotas expresso pelo diâmetro mediano volumétrico (DMV) deve ser de 100 a 200 micrômetros (μm).

Valores de densidade teórica de gotas (cm^2)⁻¹ podem ser observados na Tabela 2, considerando-se diferentes diâmetros das gotas (μm) e diferentes volumes de calda da aplicação por hectare (ha).

Tabela 2. Densidade teórica de gotas (gotas cm^2), em função do seu diâmetro (μm), para diferentes volumes de aplicação (L ha^{-1}).

Fonte: adaptada de MATUO (1990).

Diâmetro das gotas (μm)	Volume de aplicação (L ha^{-1})					
	5	10	20	50	100	200
50	764	1528	3056	7639	15279	30558
100	95	191	282	955	1910	3820
200	12	24	48	119	239	477
300	3,5	7,1	14	35	71	141
400	1,49	2,98	6	14,9	29,8	59,7
500	0,76	1,53	3,06	7,6	15,3	30,6

Segundo Antuniassi e Boller (2011), os modelos de pontas de bico hidráulicas mais adequadas quando o objetivo é maximizar a cobertura dos alvos são as de jato duplo leque e jato cone. A utilização das pontas de jato tipo cone permite maior penetração das gotas no interior do dossel das plantas, devido à elevada percentagem de gotas finas geradas e de sua trajetória, que atingem os alvos a partir de diversas direções (BOLLER e RAETANO, 2011).

Ainda, vale ressaltar que a capacidade de translocação dos fungicidas recomendados para o controle da ferrugem asiática da soja é bastante limitada, restrita ao folíolo ou folha, daí a importância de colocar o produto químico no terço inferior da planta para o controle eficaz do patógeno (RAETANO, 2011b). Segundo Antuniassi (2005), a maioria dos fungicidas disponíveis no mercado para controle da ferrugem asiática apresenta movimentação no sentido da base para o topo de cada folha, com mínima chance de movimentação no sentido contrário e sem a possibilidade de translocação de uma folha para outra.

Na aplicação de fungicidas tem se tornado muito popular o uso de adjuvantes de calda, principalmente os óleos emulsionáveis. Do ponto de vista fitossanitário, a adição de óleo na calda tem como principais funções melhorar a adesão e penetração dos fungicidas nas folhas.

O uso de óleo se baseia nas características lipofílicas do óleo, que atua como solvente de ceras e das camadas superficiais das folhas das plantas. Contudo, o tipo de óleo e a concentração ou dose do mesmo devem ser baseados pela recomendação do fabricante do fungicida a ser aplicado. No caso dos óleos minerais e dos óleos vegetais modificados, as recomendações quanto às concentrações dos mesmos variam entre 0,25 e 1% do volume de calda a ser aplicado. Também há fabricantes de fungicidas que recomendam tais óleos em doses por hectare (ANTUNIASSI e BOLLER, 2011).

O avanço dos conhecimentos sobre a tecnologia de aplicação permite, atualmente, a opção de uso das aplicações terrestres em baixo volume com bom desempenho, desde que realizadas dentro dos critérios de respeito aos limites climáticos. A redução dos volumes de calda tem sido muito adotada para aplicações de fungicidas em cultura que ocupam áreas extensivas, devido à necessidade por maior capacidade operacional dos pulverizadores (ANTUNIASSI e BOLLER, 2011). Segundo Silva (1999), a redução do volume de calda diminui os custos de aplicação e aumenta a eficiência da pulverização.

Segundo Matuo et al. (2001), a diminuição no volume de calda a ser aplicado, pode ser alcançada por meio do aumento da velocidade de deslocamento do pulverizador, da redução da pressão de trabalho ou, principalmente, pela utilização de pontas de baixa vazão, capazes de produzirem gotas menores e com boa cobertura do alvo.

Atualmente, os pulverizadores autopropelidos apresentam inovações tecnológicas que proporcionam maior estabilidade das barras porta bicos, permitindo que a velocidade de operação chegue a valores próximos ou até superiores a 16 Km h^{-1} . A consequência de operar em altas velocidades é que o vento relativo entre a barra em deslocamento e a camada de ar existente entre a barra do pulverizador e a cultura alvo exercem um efeito de freio opondo-se à velocidade de descida das gotas. Com isso, as gotas depositam-se, na sua maioria, apenas em uma face das plantas, mantendo o outro lado (“lado da sombra”) com poucas gotas. Para minimizar este problema, pode-se utilizar pontas de bicos que apresentam diferentes ângulos de pulverização, como as de duplo leque e cone. Resultados de pesquisa mostram que estes modelos de pontas podem ser eficientes para uma deposição mais uniforme das gotas, em ambos os lados da planta, inclusive quando a velocidade de operação do conjunto fica em torno de 12 Km h^{-1} (BOLLER e RAETANO, 2011).

Para avaliar a cobertura proporcionada por uma aplicação, uma das melhores formas é pelo uso do cartão de papel hidrossensível (sensível à água), que mostra a quantidade e a característica das gotas depositadas sobre o mesmo (NASCIMENTO et al., 2013).

Os cartões de papel hidrossensível são caracterizados por serem papéis semi-rígidos, com uma camada composta de azul de bromofenol, refletindo a cor amarela, que se torna azul quando entrar em contato com a água, devido a mudança de pH de 2,8 para 4,6 (TURNER; HUNTINGTON, 1970).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido durante o ano agrícola de 2014/2015 na área experimental da propriedade rural do senhor Hilário Zôrzo, interior do município de Guarani das Missões - RS, sendo a área localizada entre as coordenadas geográficas 28°09'39"S e 54°39'47"O, com altitude média de 274 metros. O solo é do tipo Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 1999).

3.2. INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

A semeadura foi realizada no dia 14 de novembro de 2014 utilizando-se a cultivar NA5909RG que é propriedade da empresa NIDERA SEMENTES e apresenta ciclo precoce (115 a 130 dias) no Rio Grande do Sul e hábito de crescimento indeterminado (NIDERA, 2014). A semeadura foi realizada com a semeadora adubadora modelo PSE-8 da marca Semeato (Figura 1), na densidade de 11 sementes por metro linear com espaçamento de 0,45 m entre linhas, resultando em uma população de 244442 plantas ha⁻¹.

Figura 1. Semeadura do experimento sob sistema de plantio direto em palhada de trigo.



A adubação foi realizada de acordo com os resultados da análise de solo, seguindo as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, buscando uma produtividade de 4 t ha⁻¹ (MANUAL DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA, 2004). Dessa forma, foi aplicado 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (60% K₂O) a lanço e, na semeadura, 150 kg ha⁻¹ de Super Fosfato Triplo (46% P₂O₅). Não houve necessidade de aplicação de calcário.

O pulverizador utilizado é o de modelo Condor M12/75 da marca Jacto, com faixa útil de pulverização de 12 metros e espaçamento entre bicos de 0,5 metros, acoplado pelo engate de três pontos a um trator modelo 85id da fabricante Valmet (Figura 4).

Figura 4. Calibração do pulverizador Jacto acoplado ao trator.



As pontas de bico utilizadas são as de modelo JA-2 ilustradas na Figura 5, marca Jacto, que proporcionam tamanho de gota (DMV) fina (150 a 250 µm), jato em forma de cone vazio e ângulo de pulverização de 80° (Jacto, 2014). Esta ponta de bico é classificada como muito boa a excelente para aplicação de fungicidas devido a sua característica de produzir gotas finas, que proporcionam maior cobertura do alvo e melhor penetração no dossel da cultura. A pressão de trabalho utilizada será de 65 Lbf (pol²)⁻¹, resultando em uma vazão de 0,66 L min⁻¹ em cada bico do pulverizador.

Figura 5. Ponta de bico JA-2 utilizada na aplicação de fungicida em soja utilizando diferentes volumes de calda.



Os tratos culturais realizados antes e durante a condução da cultura seguiram as recomendações para a cultura da soja na região sul do Brasil (EMBRAPA, 2012). Os quais incluíram dessecação da área dez dias antes da semeadura usando herbicida Glifosato na dose de 1440 g ha^{-1} de equivalente ácido; aplicação de herbicida pós-emergência no dia 24/12, aos 40 DAS (dias após semeadura), usando herbicida Glifosato na dose de 720 g ha^{-1} de equivalente ácido; e, aplicação de inseticida Clorantraniliprole na dose de 10 g ha^{-1} de ingrediente ativo visando o controle de pragas no dia 15/01/2015, aos 62 DAS.

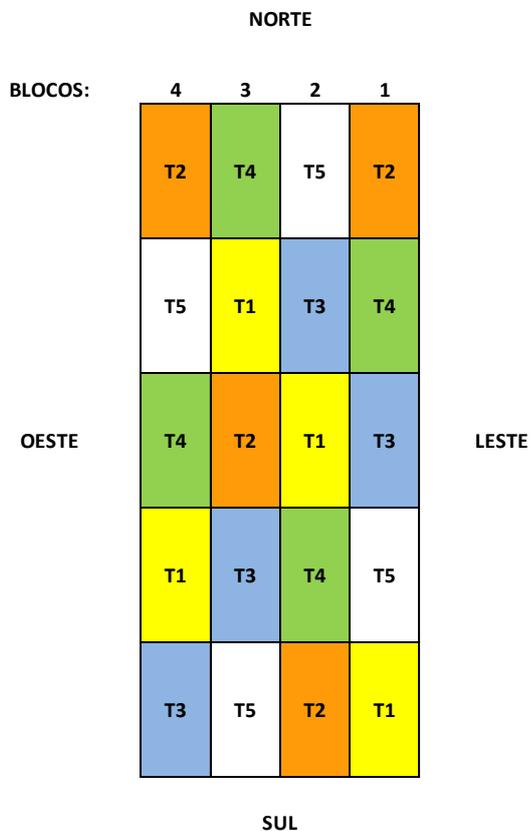
Os tratamentos constituíram quatro diferentes volumes de calda: 210; 133; 100; e, 84 L ha^{-1} e uma testemunha sem aplicação de fungicida. Para viabilizar a utilização de diferentes volumes de calda entre os tratamentos sem alterar a pressão do equipamento e, conseqüentemente o espectro das gotas pulverizadas, foram utilizadas diferentes velocidades de trabalho para cada tratamento. As velocidades utilizadas estão dentro da faixa recomendada para aplicação de agrotóxicos via pulverizador acoplado ao trator, sendo inferiores a 12 Km h^{-1} (BOLLER e RAETANO, 2011). Os volumes de calda utilizados em cada tratamento, bem como a velocidade e a pressão de trabalho podem ser observados na Tabela 3. Vale destacar que a dose de ingrediente ativo por hectare do fungicida manteve-se inalterada independente da variação de velocidade e volume de calda.

Tabela 3. Tratamentos com diferentes volumes de calda e velocidades de trabalho.

Tratamento	Volume de calda (L ha⁻¹)	Velocidade de trabalho (Km h⁻¹)	Pressão (Lbf (pol²)⁻¹)
T1	210	3,8	65
T2	133	6,0	65
T3	100	8,0	65
T4	84	9,5	65
T5	Testemunha sem aplicação de fungicida		

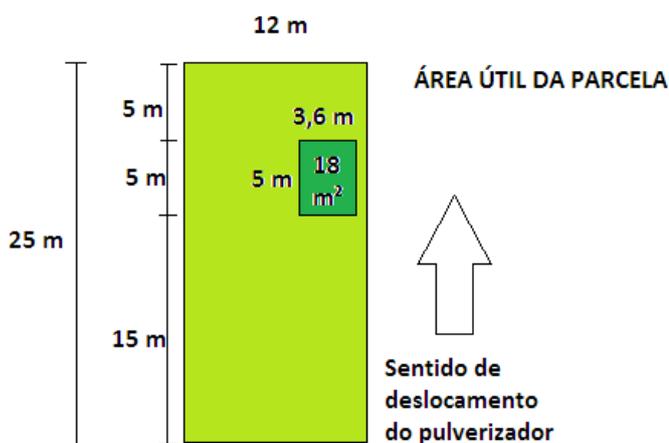
As parcelas possuíam tamanho de 12 metros de largura por 25 metros de comprimento, sendo a largura do pulverizador utilizado (Figura 2).

Figura 2. Croqui dos blocos com seus respectivos tratamentos.



A área considerada útil para o experimento foi constituída de 8 linhas com 5 metros de comprimento cada, espaçadas de 0,45 m, sendo de 18 m² a área útil de cada parcela (Figura 3). A localização da área útil esteve entre os 15 e 20 metros a partir do início da parcela, permitindo que o equipamento estivesse com velocidade e rotação ajustadas e as barras porta bicos estabilizadas até a área útil e que não tendo influência do tratamento da parcela em frente. A área ao redor da área útil também serviu como bordadura, evitando a interferência dos tratamentos ao lado.

Figura 3. Croqui da parcela com destaque para a área útil de 18 m².



O experimento foi realizado em um delineamento experimental de blocos ao acaso com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas com esquema fatorial 5x4, onde a área total do experimento será de 6000 m².

No experimento foi efetuada a aplicação de diferentes volumes de calda, como tratamentos, do fungicida picoxystrobina + ciproconazole, na dose de 60 g ha⁻¹ + 24 g ha⁻¹ de ingrediente ativo, registrado para controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja, com a adição de adjuvante mineral do grupo químico hidrocarbonetos alifáticos (428g L⁻¹) recomendado pelo fabricante na dosagem de 0,3% do volume de calda, ou seja, 0,3 litros de óleo para cada 100 litros de água no tanque.

Foram efetuadas duas aplicações de fungicida em cada tratamento durante o ciclo da cultura, exceto na testemunha (sem aplicação de fungicida), repetindo mesmo volume de calda para cada respectivo tratamento. A primeira aplicação foi realizada no dia 26/01/2015, aos 73 DAS, após o aparecimento dos primeiros sintomas da doença, diagnosticados no terço

inferior da cultura e com total fechamento da entrelinha, coincidindo no estágio R3 (final da floração; vagens com até 1,5 cm de comprimento) de acordo com a Figura 6.

Figura 6. Primeira aplicação de fungicida realizada no estágio R3, final da floração.



A segunda aplicação no dia 16/02/2015 (94 DAS), 21 dias após a primeira aplicação, quando a cultura se encontrava no estágio R5.1 (grãos perceptíveis ao tato – o equivalente a 10% da granação) (Figura 7), conforme recomendação da bula do produto. As aplicações foram realizadas durante os períodos do dia em que as condições climáticas estavam favoráveis, com temperatura inferior a 27°C, umidade relativa do ar acima de 60% e ventos inferiores a 15 km h⁻¹ (APROACH PRIMA, 2014).

Figura 7. Segunda aplicação de fungicida realizada no estágio R 5.1, grãos perceptíveis ao tato.



Durante as aplicações foi conduzido, um estudo do espectro das gotas pulverizadas, para determinação da porcentagem de cobertura do alvo, densidade em gotas cm^{-2} e diâmetro médio volumétrico das gotas (DMV) em cada um dos terços da planta (inferior, médio e superior) nos diferentes tratamentos. Para determinação da cobertura, densidade e DMV foram utilizados papéis hidrossensíveis (76 x 26 mm) da marca Teejet[®] predispostos no terço inferior, médio e superior do dossel da planta, sendo quatro repetições por tratamento. A disposição dos cartões no interior do dossel foi realizada por meio do emprego de uma haste de madeira, posicionada junto à linha da cultura. A haste possui três suportes ajustáveis de acordo com a estatura da planta nos momentos das aplicações (terços inferior, médio e superior do dossel), onde os cartões foram fixados (Figura 8).

Figura 8. Cartões hidrossensíveis ajustados na haste de acordo com a altura da planta.



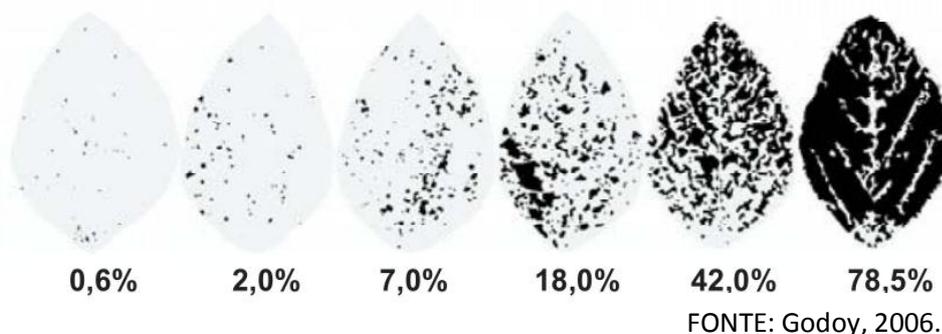
Após a aplicação dos tratamentos, os cartões foram coletados e acondicionados em fita adesiva para não haver interferência devido à umidade ambiente ou possível molhamento dos cartões e, em seguida digitalizados em “scanner” com resolução de varredura de 300 dpi. A partir da análise da imagem digital dos cartões, realizada com o software Gotas - Sistema de análise de deposição de agrotóxicos (Embrapa, 2012) (Figura 9), foram obtidos os valores de cobertura e penetração das gotas de pulverização no dossel da cultura, com base no número de gotas cm⁻² e no DMV em cada terço da planta.

Figura 9. Avaliação do espectro das gotas através do Software Gotas.



Durante a condução do experimento também foi avaliada a severidade da doença com base na escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja proposta por Godoy (2006) (Figura 10).

Figura 10. Escala diagramática proposta por Godoy et. al. (2006). (Porcentagem da área afetada pela doença).



As avaliações foram efetuadas a partir do aparecimento dos primeiros sintomas, que correspondeu aos 70 DAS com elevado índice de área foliar e total fechamento da entrelinha, sendo realizadas com intervalos de 10 dias uma da outra. Em oito plantas por parcela, escolhidas aleatoriamente, foram avaliados os terços inferior, médio e superior, sendo que as plantas foram identificadas para a correta avaliação, realizada sempre na mesma planta, da evolução da doença como pode ser observado na Figura 11. A primeira avaliação foi realizada no dia 23/01/2015 (70 DAS) e a última no dia 04/03/2015 (110 DAS) no estágio de maturação fisiológica (R 7), totalizando cinco avaliações de severidade. A partir dos dados de severidade baseados na escala diagramática foi determinada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).

Figura 11. Avaliação da severidade de ferrugem da soja.



De acordo com a metodologia proposta por Campbell e Madden (1990), foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), utilizando-se a equação:

$$AACPD = \sum_i^{n-1} \left(\frac{x_{i-1} + x_i}{2} \right) (t_i - t_{i-1})$$

em que:

- n número de avaliações de severidade da doença;
- x_{i-1} severidade observada no dia da avaliação anterior (%);
- x_i severidade observada no dia da avaliação (%);
- t_{i-1} dia da avaliação anterior (DAE);
- t_i dia da avaliação (DAE);

A colheita foi realizada no dia 14/03 (120 DAS) para a testemunha devido a sua desfolha e maturação precoce em consequência do ataque severo da doença e no dia 20/03 (126 DAS) para os tratamentos com fungicida, coincidindo com o estágio R8 (início a 50% de desfolha/maturação) (Figura 11).

Figura 11. Colheita manual das parcelas, área colhida de 4,5 m² para determinação de produtividade e PMS.



Após a colheita foram analisadas as seguintes variáveis: número de vagens por planta, nos terços da planta (inferior, médio e superior); número de grãos por vagem em cada terço; massa de mil grãos (PMS, peso de mil sementes) e produtividade (Kg ha⁻¹).

Para a análise do número de vagens por planta, foram coletadas 10 plantas aleatoriamente da área útil de cada parcela e realizada a contagem do número de vagens das mesmas, nos terços inferior, médio e superior. A partir dessa contagem foi obtida também a média do número de vagens planta⁻¹, e em cada terço separadamente.

Para determinação do número de grãos por vagem, realizou-se a contagem dos grãos das mesmas 10 plantas coletadas para a contagem do número de vagens. O número total de grãos foi dividido pelo número total de vagens, obtendo-se o número médio de grãos vagem⁻¹.

A determinação da massa de mil grãos foi realizada no laboratório de sementes da Universidade Federal da Fronteira Sul, sendo obtido pela pesagem de oito sub-amostras de 100 sementes de cada parcela e posteriormente fazendo a média entre as sub-amostras, segundo prescrições estabelecidas pelas Regras de Análises de Sementes (RAS) (BRASIL, 1992) e realizada a correção da umidade para 13%.

Para determinação do rendimento por hectare, foram coletadas duas linhas centrais por 5 metros lineares (área útil de 4,5 m²), trilhadas em trilhadora de parcelas, separadas as impurezas, e realizada a determinação da umidade. Depois da obtenção dos dados (kg parcela⁻¹), foram efetuados os cálculos para corrigir a umidade para 13% e estimar a produtividade em kg ha⁻¹ e sacas ha⁻¹.

Os dados foram analisados e comparados entre as médias de todas as variáveis através da aplicação do teste de Scott-Knott a 5% de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise da imagem digitalizada dos cartões hidrossensíveis, realizada com o software Gotas - Sistema de análise de deposição de agrotóxicos (Embrapa, 2012), foram obtidos os valores de cobertura e penetração das gotas de pulverização no dossel da cultura, com base no número de gotas cm^{-2} e no DMV em cada terço da planta (TABELA 4).

Tabela 4. Número de gotas cm^{-2} , cobertura e diâmetro médio volumétrico (DMV) em cada terço da planta com diferentes volumes de calda.

TRATAMENTO (litros hectare ⁻¹)	TERÇO DA PLANTA	DENSIDADE (Gotas cm^{-2})	COBERTURA (%)	DMV (μm)
210	Superior	219,95 a	17,95 a	247,49 a
210	Médio	117,39 b	6,62 c	240,85 a
210	Inferior	81,36 c	3,37 c	147,29 b
133	Superior	152,15 b	14,05 b	259,84 a
133	Médio	53,38 c	4,11 c	187,51 b
133	Inferior	13,94 d	1,12 d	217,7 a
100	Superior	72,25 c	4,94 c	207,06 a
100	Médio	23,55 d	1,29 d	175,07 b
100	Inferior	13,01 d	0,54 d	153,25 b
84	Superior	53,05 c	3,63 c	197,83 a
84	Médio	27,88 d	2,13 d	207,33 a
84	Inferior	7,45 d	0,29 d	149,19 b
		CV% = 53,5	CV% = 43,96	CV% = 19,26

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto aos valores de densidade de gotas, nos tratamentos de 210 e 133 L ha^{-1} foi observada a diminuição de densidade quando se diminui o volume de calda, já nos tratamentos de 100 e 84 L ha^{-1} não houve diferença significativa. Também houve diferença das densidades nos diferentes terços da planta, sendo que a maior densidade foi observada no terço superior, seguido do terço médio e sendo menor valor de densidade no terço inferior das plantas, exceto nos tratamentos de 100 e 84 L ha^{-1} , onde não foi observada diferença significativa na densidade dos terços médio e inferior.

Para os valores de cobertura do alvo (%) observou-se o mesmo comportamento, ocorrendo menor cobertura no terço inferior de todos os tratamentos com aplicação de fungicida. Nos tratamentos de 210, 100 e 84 L ha^{-1} , não houve diferença na cobertura do terço

médio para o inferior, havendo apenas maior cobertura no terço médio em relação ao inferior no tratamento de 133 L ha⁻¹. No terço superior, a maior cobertura foi no tratamento com maior volume de calda, 210 L ha⁻¹, seguido pelo tratamento de 133 L ha⁻¹, e, a menor cobertura do terço superior ocorreu nos tratamentos de 100 e 84 L ha⁻¹, não havendo diferença entre eles. Portanto, nas avaliações de densidade de gotas e cobertura do alvo houve um valor de coeficiente de variação (CV) elevado, o que pode ser explicado pela baixa uniformidade em se atingir o alvo. Esses resultados também foram obtidos por Roman et al. (2009), no qual avaliações de espectro de gotas na aplicação de fungicida apresentaram elevado valor de coeficiente de variação em relação aos demais, indicando como hipótese o “efeito guarda-chuva” ocasionado pelo terço superior que impede a livre passagem das gotas.

Resultados similares foram encontrados por Viana (2006) e Cunha et al. (2006), em que, ao estudar as pontas de pulverização e volumes de calda obtiveram incremento da cobertura com aumento da taxa de aplicação.

Os resultados da análise do diâmetro mediano volumétrico das gotas (DMV) mostrou que gotas de menor tamanho foram as que conseguiram menor penetração no dossel da cultura, exceto no tratamento de 133 L ha⁻¹, o qual teve o menor tamanho de gotas no terço médio. Resultados semelhantes foram encontrados por Tormen et al. (2012) e Ozeki & Kunz (1998), de que gotas com menor diâmetro têm maior capacidade de penetrar no dossel vegetal.

A ferrugem asiática da soja apresentou os primeiros sintomas aos 70 DAS, quando a cultura encontrava-se no estágio fenológico R3 e elevado índice de área foliar, propiciando ambiente favorável para o desenvolvimento da doença.

Os valores de severidade da doença e também da AACPD em cada terço da cultura podem ser observadas na TABELA 5.

Tabela 5. Severidade e AACPD em cada terço das plantas nos diferentes tratamentos com fungicida e testemunhas.

Tratamento	Volume de calda (L)	Terço da Planta	Severidade (%)	AACPD
T1	210	Superior	9,37 d	422,50 b
T1	210	Médio	37,75 b	966,38 a
T1	210	Inferior	54,04 a	992,75 a
T2	133	Superior	10,37 d	434,25 b
T2	133	Médio	41 b	997,88 a
T2	133	Inferior	59,22 a	995,13 a
T3	100	Superior	13,28 d	562,88 b
T3	100	Médio	41,06 b	995,75 a
T3	100	Inferior	56,43 a	992,00 a
T4	84	Superior	11,03 d	436,13 b
T4	84	Médio	44,38 b	996,38 a
T4	84	Inferior	59,53 a	993,00 a
T5	Testemunha	Superior	27,9 c	955,88 a
T5	Testemunha	Médio	42,63 d	997,75 a
T5	Testemunha	Inferior	59,85 a	996,00 a

CV% = 18,97 CV% = 22,95

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de severidade da ferrugem asiática da soja foram obtidos pela média das cinco avaliações. O terço inferior foi o que teve a maior severidade da doença, sendo que neste, não houve diferença entre os tratamentos. Também não houve diferença significativa entre os tratamentos no terço médio da planta. A única diferença observada foi no terço superior, o qual teve a menor severidade nos tratamentos com fungicida, em relação à testemunha, porém não diferindo em razão do volume de calda aplicado por hectare. Esses resultados podem ser explicados pelo fato das aplicações de fungicida ter sido realizada após o fechamento da entrelinha e a cultura já com sintomas da doença no terço inferior das plantas. Esse fato pode indicar a necessidade de mudança na forma manejo para controle da doença na cultura da soja, com possibilidade de melhor controle da ferrugem asiática da soja quando é feita uma primeira aplicação de fungicida preventivamente ainda antes do fechamento da entrelinha, com uma ou duas aplicações subsequentes calendarizadas durante o ciclo da cultura.

Quanto à AACPD, observou-se diferença apenas para a testemunha em relação aos

tratamentos com fungicida, e somente no terço superior. Com isso, nota-se que a aplicação de fungicida não foi eficiente no controle da doença nos terços médio e inferior, independente do volume de calda utilizado. Portanto, mesmo com um volume de calda elevado, por exemplo, 210 L ha⁻¹, não houve controle satisfatório da doença nas partes inferiores da cultura. Vale destacar que o ano agrícola 2014/2015 foi um dos mais severos até então, no que se refere à intensidade da ferrugem asiática da soja para o estado do Rio Grande do Sul.

Cunha et al. (2006) também não obteve diferença na área abaixo da curva de progresso (AACPD) da ferrugem e na produtividade da soja com diferentes pontas e volumes de calda pulverizada (115 e 160 L ha⁻¹). Obtendo diferença apenas entre as parcelas tratadas e a testemunha.

Os dados referentes à altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, e, em cada um dos terços são apresentados na Tabela 6:

Tabela 6. Altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens em cada terço e número de vagens por planta.

Tratamento	Volume de calda (L ha ⁻¹)	Altura de Planta (cm)	Inserção da 1ª Vagem (cm)	Número de vagens em cada terço			Vagens Planta ⁻¹
				Inferior	Médio	Superior	
T1	210	97,30 a	18,35 a	15,90 a	29,90 a	22,00 a	67,80 a
T2	133	98,75 a	19,00 a	14,95 a	29,00 a	21,50 a	65,45 a
T3	100	100,50 a	18,90 a	19,55 a	32,40 a	23,60 a	75,55 a
T4	84	98,35 a	17,55 a	15,30 a	29,50 a	16,95 a	61,75 a
T5	Testemunha	95,80 a	18,50 a	16,75 a	31,90 a	21,10 a	69,75 a
CV%		8,03	14,62	41,55	41,19	45,28	39,80

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Não houve diferenças significativas para nenhuma das variáveis apresentadas acima, como altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens em cada terço e também número de vagens por planta. Esse fato pode ser explicado pela doença ter iniciado já na fase reprodutiva da cultura da soja e apresentar maior severidade na fase final do ciclo da cultura, quando a cultura já havia determinado seu número de vagens. Também não se observou abortamento de vagens em consequência do ataque da doença.

Na Tabela 7 podemos verificar os resultados referentes ao número de grãos por planta em cada tratamento, número de grãos em cada terço da cultura, e, grãos por vagem na planta e

em cada terço separadamente.

Tabela 7. Número de grãos por planta e em cada terço e grãos por vagem em cada terço e na planta inteira.

Tratamento	Volume de calda (L ha ⁻¹)	NÚMERO DE GRÃOS			NÚMERO DE GRÃOS VAGEM ¹				
		Terço da planta			Planta	Terço da planta			Planta
		Inferior	Médio	Superior		Inferior	Médio	Superior	
T1	210	33,05 a	63,30 a	48,25 a	144,60 a	2,08 a	2,11 a	2,19 a	2,13 a
T2	133	31,10 a	62,00 a	48,50 a	141,60 a	2,07 a	2,14 a	2,31 a	2,15 a
T3	100	39,45 a	70,50 a	50,20 a	160,15 a	2,02 a	2,18 a	2,16 a	2,12 a
T4	84	31,55 a	63,45 a	37,50 a	132,50 a	2,06 a	2,18 a	2,20 a	2,15 a
T5	Testemunha	34,05 a	70,95 a	46,05 a	151,05 a	2,04 a	2,22 a	2,16 a	2,16 a
CV%		43,08	41,08	45,78	40,70	8,54	7,46	16,53	6,46

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para as variáveis de número de grãos e grãos por vagem não se obteve diferença significativa entre os tratamentos, independente do volume de calda e de ter ou não aplicação de fungicida. Esse fato também pode ser explicado pela doença ter iniciado já na fase reprodutiva da cultura da soja e apresentar maior severidade na fase final do ciclo da cultura, quando a cultura já havia determinado seu número de grãos.

Calaça (2009) não detectou diferença significativa no número de vagens por planta e grãos por planta utilizando diferentes tratamentos com fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja, mesmo com atraso de até 42 dias após o diagnóstico dos primeiros sintomas.

Os dados de produtividade em kg hectare⁻¹ e sacas hectare⁻¹; e, massa de mil grãos (PMS, peso de mil sementes) em cada um dos terços da planta e da planta inteira estão apresentados na Tabela 8:

Tabela 8. Produtividade da soja e PMS em cada um dos tratamentos com aplicação de fungicida e testemunha.

Tratamento	Volume de calda (L ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Produtividade (sacas ha ⁻¹)	PMS (g) em cada terço			PMS (g)
				Inferior	Médio	Superior	
T1	210	2831,87 a	47,20 a	115,00 a	115,00 a	110,00 a	113,00 a
T2	133	2868,27 a	47,80 a	118,00 a	119,00 a	113,00 a	116,00 a
T3	100	2910,90 a	48,52 a	120,00 a	118,00 a	112,00 a	117,00 a
T4	84	2897,16 a	48,29 a	116,00 a	112,00 a	106,00 a	111,00 a
T5	Testemunha	2147,41 b	35,79 b	95,00 b	93,00 b	88,00 b	92,00 b
CV%		15,72	15,72	11,77	12,52	12,76	12,21

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto à produtividade obtida, não se observou diferença estatística entre os tratamentos com aplicação de fungicida, independente do volume de calda por hectare utilizado. Houve diferença apenas dos tratamentos com fungicida em relação à testemunha sem aplicação de fungicida. Os tratamentos com fungicida (T1, T2, T3 e T4) obtiveram uma produtividade média de 2877 kg hectare⁻¹ (48,52 sc ha⁻¹), e a testemunha sem aplicação de fungicida, 2147 kg hectare⁻¹ (35,79 sc ha⁻¹), tendo um ganho de produtividade de 730 kg ha⁻¹ ou 12,72 sc ha⁻¹ (36 %) nos tratamentos com aplicação de fungicida em relação à testemunha (T5). Esse ganho de produtividade com as aplicações de fungicida compensa o custo das aplicações efetuadas, sendo que o valor médio da renda obtida a mais por hectare foi de R\$ 730,00, e o custo aproximado das duas aplicações, somando custos operacionais e com o fungicida, de R\$ 140,00. Portanto, o ganho por hectare (renda menos o custo) nesse caso foi de R\$ 590,00.

Resultados semelhantes foram obtidos por Cunha et al. (2006), onde a aplicação do fungicida promoveu um aumento médio de produtividade da soja de 41% em relação à testemunha. Cunha et al. (2014), utilizando volumes de calda de 115 até 250 L ha⁻¹, não detectou aumento de produtividade com a utilização de maiores volumes.

Em outro estudo, Cunha et al. (2006), mostrou que o volume de 160 L ha⁻¹ permitiu maior uniformidade de deposição de calda ao longo do dossel do que 130 L ha⁻¹, embora isso não tenha se refletido na produtividade.

Para Pastorello et al. (2014), valores médios obtidos para a produtividade da soja demonstraram não haver diferenças entre tratamentos com aplicação de fungicida para o controle da ferrugem asiática da soja, utilizando valores de 50 a 150 L ha⁻¹.

Os valores de PMS tiveram comportamento semelhante (Tabela 8), pois foi o principal fator na composição da produtividade, já que não ocorreram diferenças no número de vagens planta⁻¹ e grãos planta⁻¹. Nos tratamentos com aplicação de fungicida o PMS não apresentou diferença estatística entre os quatro tratamentos, observando apenas diferença em relação ao T5 (testemunha), onde não houve aplicação de fungicida.

Segundo Yang et al. (1991), a perda de rendimento devido ao ataque da doença está relacionado à desfolha precoce, que conseqüentemente reduzirá o tamanho do grão, diminuindo o seu PMS.

Com esses resultados, pode se dizer que é viável a aplicação de fungicida para o controle da ferrugem da soja utilizando volumes de calda menores, como por exemplo, 100 e 84 L ha⁻¹, além de ocorrer um ganho na capacidade operacional e autonomia das máquinas. Além disso, a utilização de baixos volumes trará uma grande economia na utilização de água na agricultura, sendo este um bem precioso, sendo de elevada importância sua preservação na natureza. O custo operacional também reduz devido o aumento da autonomia das máquinas ao utilizarem menores volumes de calda por hectare, tendo-se uma maior área pulverizada por hora de trabalho. Ainda no que se refere à aplicação de fungicida, a janela ou tempo disponível para as aplicações é bastante restrita devido às condições climáticas muitas vezes desfavoráveis, ressaltando ainda mais a importância de se ter uma maior autonomia de trabalho e capacidade operacional dos pulverizadores.

Cunha et al. (2014), indicando viabilidade no uso de volumes de calda reduzidos, próximos a 130 L ha⁻¹, também cita que há um ganho na capacidade operacional do conjunto mecanizado.

5. CONCLUSÃO

Diferentes volumes de calda para aplicação de fungicida na soja via pulverizador de barras tratorizado não proporcionaram diferença na produtividade da soja entre os tratamentos. Houve diferença apenas dos tratamentos com fungicida em relação à testemunha sem aplicação de fungicida. Obteve-se um ganho de produtividade de 730 kg ha^{-1} nos tratamentos com fungicida em relação à testemunha, indicando viabilidade da aplicação de fungicida na soja, inclusive com menores volumes de calda por hectare como 100 e 84 L ha^{-1} , trazendo maior economia e eficiência nas aplicações tratorizadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA, 1., 2005, Uberlândia. Uberlândia: EDUFU, 2005. p. 193-219.

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Ed. Aldeia Norte, Passo Fundo-RS, 2011, p. 221-239.

ANTUNIASSI, U. R.; CAMARGO, T.V.; BONELLI, M.A.P.O.; ROMAGNOLE, E.W.C. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In **Anais do III Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos**, Botucatu-SP, 2004. Botucatu: Unesp. Cd-rom.

APROACH PRIMA. Du Pont do Brasil S.A., Barra Mansa - RJ, 2014. Bula de agrotóxico.

BARROS, J. R. M.; BARROS, A. de M.; MENEGATTI, A. L.; ALVES, C. de C.; QUEIROZ, F.; HAUSKNECHT, J. C.; FIGUEIREDO, M.; MARCONATO, R. **Soja Intacta, uma visão econômica dos benefícios da adoção da nova tecnologia**, ed. MBagro, 2013, 43 p.

BOLLER, W.; RAETANO, C. G. Bicos e pontas de pulverização de energia hidráulica, regulagens e calibração de pulverizadores de barras. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Ed. Aldeia Norte, Passo Fundo-RS, 2011, p. 51-82.

BRASIL, Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV. 1992. 365p.

BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Estudo do espectro de gotas produzidas nas pulverizações aérea e terrestre na cultura da batata. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 54, n. 3, p. 225-234, 2011.

CALAÇA, H. A. **Ferrugem asiática da soja: relações entre o atraso do controle químico, rendimento, severidade e área foliar sadia de soja (*Glycine max* L. Merrill)**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2009.

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.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Monitoramento Agrícola Cultivos de Verão e de 2ª safra – SAFRA 2014/15, V.2 - SAFRA 2014/15 N.7 – Décimo segundo Levantamento Setembro/2015.

CRUZ, I.; WAQUIL J.M.; VIANA P.A.; VALICENTE F.H., 1995. Pragas: Diagnóstico e controle. In: **Arquivo do Agrônomo. Seja o doutor do seu milho**. Potafós, São Paulo. 2: 9-21.

CUNHA, J. P. A. R. da; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.343-351, mar./abr. 2011.

CUNHA, J. P. A. R; JULIATTI, F. C.;REIS, E. F. dos. **Tecnologia de aplicação de fungicida no controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em minas gerais e goiás**. Biosci. J., Uberlandia, v. 30, n. 4, p. 950-957, Jul/Ago. 2014.

CUNHA, J. P. A. R; REIS, E. F. dos; SANTOS, R de 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.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2012/2013 e 2013/2014**. 39ª Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul, Passo Fundo, RS, 2012.

GODOY, C.V.; KOGA, L.J.; CANTERI, M.G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira** 31: 063-068. 2006.

JACTO. **Tabela de bicos**. Pompéia: Máquinas Agrícolas Jacto S. A., 2014.

Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre, 2004.

MÁRQUEZ, L. **Tecnología para la aplicación de productos fitosanitarios**. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid, 1997, 96 p.

MATUO, T. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In GUEDES, J. V. C.; DORNELES, S. H. B. (Org.). **Tecnologia e segurança na aplicação dos agrotóxicos**, Santa Maria – RS, 1998, p.95-103.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal, FUNEP, 1990. 139 p.

MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Tecnologia de aplicação e equipamentos. In: ABEAS – **Curso de proteção de plantas**. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 2001. 85 p.

NASCIMENTO, A. B.; OLIVEIRA, G. M.; FONSECA, I. C. de B.; SAAB; O. J. G. A.; CANTERI, M. G. Determinação do tamanho da amostra de papéis hidrossensíveis em experimentos ligados à tecnologia de aplicação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2687-2696. Londrina, 2013.

OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. Tecnologia de aplicação aérea - Aspectos práticos. In: Guedes, J. V. C.; Dornelles S. H. B. (ed.) **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: Novas tecnologias**. Santa Maria: UFSM, 1998. p.65-78.

PASTORELLO, M.; RUFFATO, S.; BONALDO, S. M.; ARFELI, M. J. **Variação do volume de aplicação de fungicidas no controle de doenças e no rendimento da soja**. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014 27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil.

RAETANO, C. G. Assistência de ar em pulverizadores de barras: interferências e potencial de uso no sistema de plantio direto. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Ed. Aldeia Norte, Passo Fundo-RS, 2011, p. 105-122.

RAETANO, C. G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Ed. Aldeia Norte, Passo Fundo-RS, 2011, p. 15-26.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J. & THOMPSON, H.E. **How a Soybean Plant Develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology, Coop. Ext. Ser., 1982. 20 p. (Special Report, 53).

ROMÁN, R.A.A.; CORTEZ J. W.; FERREIRA, M. da C.; OLIVEIRA, J. R. G. **Cobertura da cultura da soja pela calda fungicida em função de pontas de pulverização e volumes de aplicação.** Scientia Agraria, Curitiba, v.10, n.3, p.223-232, May/June 2009.

SCHERMA, H.; CHRISTIANO, R. S. C.; ESKER, P. D.; DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. **Crop Protection**, London, v. 28, n. 9, p. 774-782, 2009.

SIDAHMED, M.M. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.41, n.3, p.531-536, 1998.

SILVA, O.C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M.G. DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. da (Ed.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro.** Ponta Grossa: UEPG, 1999. p.127-137.

SINCLAIR, J.B.; HARTMAN, G.L. Soybean rust. In: HARTMAN, G.L.; SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. (Ed.). **Compendium of soybean diseases.** 4. ed. Saint Paul, MN. APS Press. p. 25-26, 1999.

TECNOLOGIAS de produção de soja - região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 264p. (Embrapa Soja. **Sistemas de produção, 15**).

TORMEN, N. R.; Silva F. D. L. da; Debortoli M. P; Uebel J. D.; Fávera D. D.; Balardin R. S. **Deposição de gotas no dossel e controle químico de Phakopsora pachyrhizi na soja.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.16, n.7, p.802–808, 2012.

TURNER, C. R.; HUNTINGTON, K. A. The use of water sensitive dye for the detection and assessment of small spray droplets. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 15, n. 4, p. 385-287, 1970.

VIANA, R. G. **Avaliação de pontas de pulverização sob diferentes condições operacionais.** 2006. 42 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

YANG X.B.; TSCHANZ A.T.; DOWLER W.M.; WANG T.C. Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybeans infected with *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopathology**, v.81, p.1420-1426, 1991.

YORINORI, J.T.; PAIVA, W.M.; FREDERICK, R.D.; COSTAMILAN, L.M.; BERTAGNOLLI, P.F.; HARTMAN, G.E.; GODOY, C.V.; NUNES JUNIOR, J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay. **Plant Disease**, v.89, p. 675-677, 2005.