

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DEPOSIÇÃO DE FUNGICIDA EM CULTIVARES DE  
SOJA COM DIFERENTES HÁBITOS DE  
CRESCIMENTO, CONTROLE E SENSIBILIDADE DE  
*Phakopsora pachyrhizi* A FUNGICIDAS**

**BIANCA DE MOURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Fitopatologia.

Passo Fundo, fevereiro de 2015.

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DEPOSIÇÃO DE FUNGICIDA EM CULTIVARES DE  
SOJA COM DIFERENTES HÁBITOS DE  
CRESCIMENTO, CONTROLE E SENSIBILIDADE DE  
*Phakopsora pachyrhizi* A FUNGICIDAS**

**BIANCA DE MOURA**

**Orientador: Prof. Dr. Walter Boller  
Coorientador: Prof. Dra. Carolina Cardoso Deuner**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Fitopatologia

Passo Fundo, fevereiro de 2015

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

“DEPOSIÇÃO DE FUNGICIDA EM CULTIVARES DE SOJA COM DIFERENTES HÁBITOS DE CRESCIMENTO, CONTROLE E SENSIBILIDADE DE *PHAKOPSORA PACHYRHIZI* A FUNGICIDAS”

Elaborada por

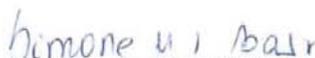
Bianca de Moura

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestra em  
Agronomia – Fitopatologia

Aprovada em: 27/02/2015  
Pela Comissão Examinadora



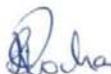
**Dr. Walter Boller**  
Presidente da Comissão Examinadora  
Orientador



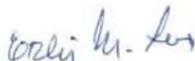
**Dra. Simone Meredith Scheffer Basso**  
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia



**Dra. Carolina Cardoso Deuner**  
Coorientadora  
FAMV-UPF



**Dr. Hélio Carlos Rocha**  
Diretor FAMV



**Dr. Erlei Melo Reis**  
OR Sementes

CIP – Catalogação na Publicação

---

- M929d Moura, Bianca de  
Deposição de fungicida em cultivares de soja com diferentes hábitos de crescimento, controle e sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas / Bianca de Moura. – 2015.  
xiv, 137f. : il., color. ; 25 cm.
- Dissertação (Mestrado em Agronomia) –  
Universidade de Passo Fundo, 2015.  
Orientador: Prof. Dr. Walter Boller.  
Coorientador: Profa. Dra. Carolina Cardoso Deuner.
1. Ferrugem asiática. 2. Ferrugem da soja (Doença).  
3. Plantas – Efeito dos fungicidas. 4. Soja – Doenças e pragas. I. Boller, Walter, orientador. II. Deuner, Carolina Cardoso, coorientador. III. Título.

CDU: 633.34

## BIOGRAFIA DO AUTOR

**Bianca de Moura**, filha de Carlos de Moura e Zilda Jerônimo de Moura, nasceu na cidade de Valinhos, interior Paulista, no ano de 1981. Em 2004 concluiu o curso de Agronomia pela Universidade Federal de Lavras – UFPA, Campus de Lavras - MG. Durante três anos, desenvolveu pesquisa com a utilização de estrobilurinas e triazóis para controle de cercosporiose, manchas de diplódia e bipolaris, helmintosporiose e ferrugem comum na cultura do milho na Universidade de Illinois, Estados Unidos. Em 2013 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade de Passo Fundo – RS, realizando ensaios em tecnologia de aplicação de fungicidas para controle de ferrugem-asiática da soja e ensaios *in vitro* para avaliar a sensibilidade do fungo *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas de uso comercial e obtenção do título de Mestre em Fitopatologia.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, nosso Pai, por ter me concedido a vida e a capacidade de raciocínio. E também aos meus pais, Carlos de Moura e Zilda Jerônimo Moura, que me trouxeram a esse mundo e desde então, sempre depositaram confiança em mim.

Agradeço ao meu esposo, Wesley T. Barber, por estar sempre ao meu lado encorajando-me e me enchendo de energias positivas para que eu nunca desistisse de acreditar que fosse capaz.

Agradeço ao meu orientador, o Professor Dr. Walter Boller, pelo profissionalismo, amizade, confiança, paciência e boa vontade, sempre depositados em mim. Sem o seu apoio nada disso se tornaria possível. Agradeço também a minha coorientadora, Dra. Carolina Cardoso Deuner, pela orientação, determinação, seriedade, boa vontade e prontidão com a qual sempre me atendeu.

Agradeço aos meus colegas do Laboratório de Fitopatologia, Paulo Tironi, Cinara Cardoso e Elaine Deuner, por toda a colaboração e ensinamentos compartilhados durante a condução dos ensaios e aos alunos do curso de Agronomia, Pedro B. Consoli, Laura Dalle Zotte, Marta Formighieri da Silva e Gustavo Visintin, pela disponibilidade, dedicação e colaboração com o meu trabalho.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade de Passo Fundo (UPF/PPGAgro), pela seriedade, qualidade e compromisso ofertados a seus alunos.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>APÊNDICES</b> .....	xiv
<b>RESUMO</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	9
2.1 A soja no Brasil .....	9
2.2 Ferrugem-asiática da soja .....	10
2.2.1 O patógeno .....	12
2.3 Tecnologia de aplicação .....	14
2.4 Arquitetura de plantas .....	17
2.5 Redução de sensibilidade do fungo a fungicidas .....	18
2.6 Concentração inibitória de fungicidas .....	20
<b>CAPÍTULO I - Controle químico de ferrugem-asiática em soja de crescimento determinado em função dos horários de pulverização e auxílio à barra</b> .....	22
<b>RESUMO</b> .....	22
<b>ABSTRACT</b> .....	24
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	26
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	31
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	65
<b>CAPÍTULO II - Controle químico de ferrugem-asiática em soja de crescimento indeterminado em função dos horários de pulverização e auxílio à barra</b> .....	66
<b>RESUMO</b> .....	66
<b>ABSTRACT</b> .....	68
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	70
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	74
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	80
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	92

	<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO III</b> - Determinação <i>in vitro</i> da concentração inibitória de fungicidas a <i>Phakopsora</i> <i>pachyrhizi</i> .....	93
<b>RESUMO</b> .....	93
<b>ABSTRACT</b> .....	94
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	96
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	100
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	104
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	113
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	114
<b>APÊNDICES</b> .....	124

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO I - Controle químico de ferrugem-asiática em soja de crescimento determinado em função dos horários de pulverização e auxílio à barra</b>	
1	Descrição dos tratamentos aplicados nos estádios fenológicos R2, R4 e R5.4, em função da utilização da barra do pulverizador auxiliada ou não pela cortina de correntes. Ensaio com soja BMX Ativa RR ..... 33
2	Incidência da ferrugem no terço superior das plantas, 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR ..... 38
3	Incidência da ferrugem nos terços médio e inferior das plantas, 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR ..... 39
4	Número de urédias de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> por cm <sup>2</sup> no terço inferior das plantas, 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR .... 42
5	Incidência da ferrugem nos terços superior e inferior das plantas, 15 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR ..... 45
6	Incidência da ferrugem no terço médio das plantas, 15 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR ..... 48
7	Número de urédias de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> por cm <sup>2</sup> nos terços superior, médio e inferior das plantas, 15 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR ..... 49
8	Severidade estimada (%) de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> nos terços superior e médio das plantas, 15 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR..... 53

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
9 Severidade estimada (%) de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> no terço inferior das plantas, 15 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR ....	54
10 Índice de área foliar dos terços superior, médio e inferior das plantas no estágio fenológico R5.6. Cultivar BMX Ativa RR.....	56
11 Rendimento (kg/ha) das parcelas colhidas separadamente, com umidade corrigida para 13%. Cultivar BMX Ativa RR.....	58
12 Peso de mil sementes (g) com valores de umidade corrigidos para 13%. Cultivar BMX Ativa RR .....	60

**CAPÍTULO II** - Controle químico de ferrugem-asiática em soja de crescimento indeterminado em função dos horários de pulverização e auxílio à barra

1 Descrição dos tratamentos aplicados nos estádios fenológicos R3 e R5.4 em função da utilização da barra do pulverizador auxiliada ou não pela cortina de correntes. Ensaio com soja BMX Veloz RR .....	76
2 Incidência da ferrugem nos terços médio e inferior das plantas, 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Veloz RR .....	81
3 Número de urédias de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> por cm <sup>2</sup> nos terços superior, médio e inferior das plantas, 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Veloz RR .....	84
4 Rendimento de sementes (kg/ha) das parcelas colhidas separadamente, com umidade corrigida para 13%. Cultivar BMX Veloz RR .....	87
5 Peso de mil sementes (g), com valores de umidade corrigidos para 13%. Cultivar BMX Veloz RR .....	89

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO III - Determinação <i>in vitro</i> da concentração inibitória de fungicidas a <i>Phakopsora pachyrhizi</i></b>	
1	Concentração inibitória (CI <sub>50</sub> ) de fungicidas em mg/L para o controle de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> em dois substratos para o isolado de Passo Fundo/RS ..... 105
2	Concentração inibitória (CI <sub>50</sub> ) em mg/L e fator de redução da sensibilidade (FRS) para controle de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> proveniente de Passo Fundo/RS ..... 107
3	Concentração inibitória (CI <sub>50</sub> ) de fungicidas em mg/L para controle <i>Phakopsora pachyrhizi</i> em dois substratos para o isolado de Ponta Grossa/PR ..... 108
4	Concentração inibitória (CI <sub>50</sub> ) de fungicidas em mg/L para controle de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> em dois substratos para o isolado de Primavera do Leste/MT ... 110

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro</b>		<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO I</b> - Controle químico de ferrugem-asiática em soja de crescimento determinado em função dos horários de pulverização e auxílio à barra		
1	Condições atmosféricas durante cada horário das aplicações do tratamento fitossanitário. BMX Ativa RR, estádios fenológicos R2, R4 e R5.4 .....	35
2	Quantidade de impactos/cm <sup>2</sup> e diâmetro volumétrico do impacto de gotas (DMV) em µm obtidos através da utilização de cartões sensíveis durante as três aplicações. Cultivar BMX Ativa RR .....	61
<b>CAPÍTULO II</b> - Controle químico de ferrugem-asiática em soja de crescimento indeterminado em função dos horários de pulverização e auxílio à barra		
1	Condições atmosféricas durante as aplicações do tratamento fitossanitário. BMX Veloz RR, estádios fenológicos R3 e R5.4 .....	78

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
<b>INTRODUÇÃO</b>	
1	Folhas em posição horizontal em relação ao solo: início da manhã ..... 7
2	Folhas em posição vertical em relação ao solo: meio-dia ..... 7
 <b>CAPÍTULO I. Controle químico de ferrugem-asiática em soja de crescimento determinado em função dos horários de pulverização e auxílio à barra</b>	
1	Orientação das folhas às 6h ..... 28
2	Orientação das folhas às 9h ..... 28
3	Orientação das folhas às 12h ..... 29
4	Orientação das folhas às 15h ..... 29
5	Orientação das folhas às 18h ..... 29
6	Orientação das folhas às 21h ..... 29
7	Cortina de correntes acoplada à barra de pulverização .. 30
8	Volume estimado de gotas (L/ha), coletado na entrelinha de plantio ao nível do solo nas aplicações realizadas no estágio fenológico R2. Valores obtidos pelo programa CIR1.5® ..... 63
9	Volume estimado de gotas (L/ha), coletado na entrelinha de plantio ao nível do solo nas aplicações realizadas no estágio fenológico R4. Valores obtidos pelo programa CIR1.5® ..... 64
10	Volume estimado de gotas (L/ha), coletado na entrelinha de plantio ao nível do solo nas aplicações realizadas no estágio fenológico R5.4. Valores obtidos pelo programa CIR1.5® ..... 64

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO II - Controle químico de ferrugem-asiática em soja de crescimento indeterminado em função dos horários de pulverização e auxílio à barra</b>		
1	Soja cultivar BMX Veloz RR às 6h - presença de orvalho .....	82
2	BMX Veloz RR às 9h .....	91
3	BMX Veloz RR às 21h .....	91

## APÊNDICES

Apêndice		Página
I	Cartões sensíveis colocados na entrelinha de plantio no momento da aplicação dos tratamentos no estágio fenológico R4. Cultivar BMX Ativa RR	126
II	Inibição da germinação de uredosporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> - fungicida epoxiconazol (12,5% SC) .....	127
III	Inibição da germinação de uredosporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> - fungicida piraclostrobina (25,0% SC) .....	128
IV	Inibição da germinação de uredosporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> - fungicida azoxistrobina (25,0% SC) .....	129
V	Inibição da germinação de uredosporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> - fungicida trifloxistrobina (50,0% GDA) .....	130
VI	Inibição da germinação de uredosporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> - fungicida piraclostrobina (13,3% SE) + epoxiconazol (5,0% SE) .....	131
VII	Inibição da germinação de uredosporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> - trifloxistrobina (15,0% SC) + protioconazol (17,5% SC) .....	132
VIII	Inibição da germinação de uredosporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> - fungicida piraclostrobina (33,3% SC) + fluxapiroxade (17,5% SC) .....	133
IX	Inibição da germinação de uredosporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> - fungicida azoxistrobina (30,0% WG) + benzovindiflupir (15,0% WG) .....	134

**DEPOSIÇÃO DE FUNGICIDAS EM CULTIVARES DE SOJA  
COM DIFERENTES HÁBITOS DE CRESCIMENTO E  
SENSIBILIDADE DE *Phakopsora pachyrhizi* A FUNGICIDAS**

BIANCA DE MOURA<sup>1</sup>

**RESUMO** – No Brasil, segundo maior produtor mundial de soja, a ferrugem-asiática da soja (FAS), causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é a doença mais destrutiva, com danos que podem comprometer a produção em até 75%. O presente trabalho objetivou encontrar a maior eficácia na aplicação de fungicidas para o controle da FAS, bem como, determinar a sensibilidade de *P. pachyrhizi* a fungicidas de uso comercial. Em dois ensaios no campo, foi avaliada a eficácia nas aplicações de fungicida realizadas através da barra do pulverizador com e sem assistência de uma cortina de correntes, em seis horários do dia. As aplicações foram realizadas às 6h, 9h, 12h, 15h, 18h e 21h, investigando dessa forma o possível efeito do heliotropismo das plantas na penetração de gotas da calda pulverizada. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso. No primeiro ensaio, conduzido com uma cultivar de crescimento determinado, a utilização da cortina de correntes favoreceu a deposição de gotas do tratamento fitossanitário no interior do dossel das plantas em todos os horários testados. Aplicações realizadas às 6h evidenciaram maior

---

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia - bibamoura@hotmail.com

necessidade de auxílio à barra. Já no segundo ensaio, conduzido com cultivar de crescimento indeterminado, a utilização da cortina de correntes melhorou a deposição de gotas nas aplicações realizadas somente nos primeiros horários do dia, nos quais havia a presença de orvalho (6h e 9h). As aplicações realizadas às 18h e 21h sem auxílio à barra, apresentaram melhores resultados de controle da incidência e número de urédias/cm<sup>2</sup>, que aplicações realizadas nos mesmos horários com auxílio à barra. Em ambos os ensaios, alta produção foi obtida a partir de aplicações realizadas às 12h e 15h, mesmo sem assistência à barra. Em outra fase do trabalho, conduzida em laboratório, foi quantificada a concentração inibitória (CI<sub>50</sub>) *in vitro* de oito fungicidas de uso comercial a isolados de *P. pachyrhizi* provenientes de três regiões produtoras de soja: Passo Fundo/RS, Ponta Grossa/PR e Primavera do Leste/MT. Em delineamento experimental completamente casualizado, com quatro repetições por tratamento, placas de Petri contendo substratos distintos, ágar-água ou ágar-extrato de folhas, receberam os fungicidas em diferentes concentrações. A piraclostrobina isolada e a mistura trifloxistrobina + protioconazol, nos dois substratos testados, apresentaram valores de CI<sub>50</sub> inferiores a 1 mg/L a todos os isolados utilizados, demonstrando alta toxicidade. Valores de CI<sub>50</sub> do epoxiconazol superaram 9 mg/L para os isolados de Passo Fundo/RS e Ponta Grossa/PR, enquanto para o isolado de Primavera do Leste/MT, foram inferiores a 1 mg/L. Confirmando dessa forma, a diferença de sensibilidade entre isolados de *P. pachyrhizi* provenientes de áreas distintas. Não houve perda de sensibilidade a nenhum dos fungicidas testados.

**Palavras-chave:** Ferrugem-asiática da soja, deposição de gotas, cortina de correntes, heliotropismo, concentração inibitória de fungicidas.

**FUNGICIDES DEPOSITION IN SOYBEAN CULTIVARS  
WITH DIFFERENT GROWTH HABITS AND *Phakopsora  
pachyrhizi* SENSITIVITY TO FUNGICIDES**

**ABSTRACT** – In Brazil, the second largest soybean producer in the world, Asian soybean rust (ASR), caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi*, is the most destructive disease, with damages that can reach 75% of production. This study aimed to find the most effective fungicide application to control ASR, as well as, to determine the sensitivity of *P. pachyrhizi* to fungicides of commercial usage. In two field experiments, the effect of the usage, or not, of a curtain of chains added to the spray boom was evaluated on fungicides application in six different hours. The applications were performed at 6:00 and 9:00 am, 12:00, 3:00, 6:00 and 9:00 pm, thus allowing the investigation of possible effects of heliotropism on fungicide spray penetration. The experimental design was in randomized blocks. In the trial with the determinate growth cultivar, the usage of the curtain of chains increased droplet deposition within the plant canopy at all the tested times. Applications made at 6:00 am showed the greatest need for the curtain of chains. In the experiment conducted with the indeterminate growth cultivar, the usage of the curtain of chains increased droplet deposition only in the first hours of the day applications, which had

dew present (6:00 and 9:00 am). Applications made at 6:00 and 9:00 pm without the addition to the bar, showed better control of incidence and uredias/cm<sup>2</sup> than sprays made at the same times with the assisted bar. In both experiments, high grain yield results were obtained by sprays made at 12:00 and 3:00 pm, with or without the presence of the curtain of chains. In another part of the study conducted in laboratory, the inhibitory concentration (IC<sub>50</sub>) of eight commercial usage fungicides to *P. pachyrhizi* was quantified *in vitro* using isolates from three producing soybean regions: Passo Fundo (RS), Ponta Grossa (PR) and Primavera do Leste (MT). In a completely randomized block design experiment with four replications per treatment, Petri dishes containing two different substrate, agar-water or agar-leaf extract, received the fungicide solutions in different concentration. The pyraclostrobin and trifloxystrobin + prothioconazole mixture showed IC<sub>50</sub> values lower than 1 mg/l for all the isolates, demonstrating high toxicity. The IC<sub>50</sub> values of epoxiconazole exceeded 9 mg/l for isolates of Passo Fundo (RS) and Ponta Grossa (PR), while for Primavera do Leste (MT) isolated, was less than 1 mg/l. Thus confirming that the isolates of *P. pachyrhizi* have different sensitivities to the fungicides. There was no sensitivity loss to any of fungicides.

**Key words:** Asian soybean rust, droplets deposition, curtain of chains, heliotropism, fungicide inhibitory concentration.

## 1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é o produto com a maior participação no PIB (Produto Interno Bruto) do Rio Grande do Sul. Na safra 2012/2013, após aumento de 5,6% da área cultivada com a oleaginosa, foram cultivados mais de 4,8 milhões de hectares no estado. O maior problema encontrado pelos produtores de soja tem sido a ferrugem-asiática, doença causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow (1914). A doença é altamente agressiva, uma vez que causa desfolha prematura de plantas, comprometendo assim, o enchimento de sementes, fator que gera danos significativos na produtividade.

Apesar de existirem cultivares de soja com tolerância à ferrugem-asiática, o escalonamento de plantio com materiais suscetíveis à doença se faz necessário na prevenção da quebra da tolerância pelo patógeno. Dessa forma, a presença de materiais suscetíveis à doença aliada às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno durante a época de cultivo da cultura, fornecem ambiente propício para o desenvolvimento de *P. pachyrhizi* ao longo do ano. Outro fator que colabora para o aumento da incidência da doença é a presença do cultivo de soja em grande escala em áreas próximas (macro áreas), formando regiões epidêmicas. Diante desse cenário, a aplicação de fungicidas é a melhor alternativa para o controle da doença. No entanto, fatores como a arquitetura de plantas e a alta densidade populacional, dificultam deposição adequada do tratamento fitossanitário, principalmente no terço inferior das plantas, área onde geralmente se inicia a infecção pelo patógeno.

O uso de fungicidas dos mesmos grupos químicos ao longo dos anos, tem acarretado em redução da sensibilidade do patógeno às

moléculas já existentes. Uma das saídas para essa redução de sensibilidade, é a aplicação de fungicidas que combinam mais de um grupo químico em sua composição, bem como a utilização de moléculas recém lançadas no mercado, procurando assim, melhorar a performance do controle da FAS.

Diante da agressividade da ferrugem-asiática, há necessidade do aprimoramento da tecnologia de aplicação de fungicidas, visando a melhor cobertura e penetração das gotas de pulverização atingindo, dessa forma, o alvo específico da doença. Em áreas de cultivo de soja, via-de-regra, trabalha-se com populações de 200.000 até 400.000 plantas por hectare. Essa alta densidade de plantas contribui para que a soja alcance índices de área foliar (IAF) acima de 6,0 na fase reprodutiva, dificultando a penetração da calda fitossanitária nos estratos inferiores da cultura. Além disso, o comportamento das folhas da cultura dificulta a eficiência da pulverização em determinados horários do dia. Devido a fatores genéticos e fisiológicos da planta, folhas de soja apresentam mudanças reversíveis da angulação foliar. Esse fenômeno (heliotropismo) é uma resposta ativa da planta, que tem com objetivo aumentar a absorção de radiação solar.

Ao nascer do sol, as extremidades das folhas encontram-se voltadas para baixo, movimentam-se durante as primeiras horas do dia de forma a assumir uma posição horizontal em relação ao solo. Essa conformação das folhas nas primeiras horas do dia funciona como um escudo, que impede os estratos inferiores da planta de receberem total recobrimento da calda fitossanitária pulverizada. Essa ocorrência é conhecida como barreira física, também denominada de "efeito guarda-chuva". Além disso, a presença de orvalho sobre folhas no início da

manhã pode favorecer o escoamento das gotas do tratamento fitossanitário, ocasionando perdas do produto pulverizado. Em horários mais próximos ao meio-dia, e nas primeiras horas da tarde, as folhas se movimentam assumindo posição quase vertical em relação ao solo, diminuindo dessa forma a barreira física exercida pelo estrato superior da planta (Figuras 1 e 2).



**Figura 1** - Folhas em posição horizontal em relação ao solo: início da manhã.  
Foto: Moura, B.



**Figura 2** - Folhas em posição vertical em relação ao solo: meio-dia.  
Foto: Moura, B.

No final da tarde, as folhas voltam a assumir posição próxima à horizontal, o que dificulta a boa penetração das gotas de pulverização no terço inferior da planta. Já, ao anoitecer as extremidades das folhas apontam para o solo, diminuindo, novamente, a barreira física contra a penetração das gotas das pulverizações nos estratos inferiores da cultura.

A arquitetura de plantas exerce influência direta na qualidade da aplicação. A maior parte das aplicações de fungicidas para o controle da FAS são realizadas durante a fase reprodutiva das plantas, na qual as plantas atingem os maiores IAF's. Dessa forma, existe maior dificuldade de penetração das gotas da calda fitossanitária nos estratos mais baixos da planta.

Outro problema encontrado no controle da ferrugem-asiática, é o contínuo uso de fungicidas de mesmos grupos químicos, resultando na alteração da sensibilidade do fungo à molécula. Alguns dos produtos mais utilizados, estão no mercado por mais de dez anos, o que colabora para a seleção de patógenos mais resistentes aos princípios ativos. Além disso, poucos trabalhos têm sido realizados com o intuito de quantificar a ação curativa dos fungicidas e suas respectivas doses para o controle efetivo da FAS.

O objetivo geral desse trabalho foi buscar alternativas que proporcionem a mais alta eficácia na aplicação de fungicidas visando o controle da FAS, bem como, avaliar a ação de diferentes fungicidas no controle da doença.

Dessa forma, os objetivos específicos desse trabalho foram os seguintes:

- ✓ Verificar a influência dos horários de aplicação de fungicidas no controle da ferrugem-asiática na cultura da soja;
- ✓ Avaliar a eficácia do auxílio à barra de pulverização, pela utilização da cortina de correntes;
- ✓ Testar se há diferença na penetração do tratamento fitossanitário entre duas cultivares de hábito de crescimento diferentes;
- ✓ Determinar a sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a oito fungicidas de uso comercial através da determinação da  $CI_{50}$  em diferentes substratos e, comparar os valores obtidos com os já disponíveis na literatura.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A soja no Brasil

Na safra 2013/2014, a área brasileira plantada com a cultura da soja foi superior a 29 milhões de hectares, com produção de 88,5 milhões de toneladas, as quais representaram 31% da produção mundial da oleaginosa (USDA, 2014). Provavelmente, a produção nacional não foi maior devido à presença de fatores abióticos e bióticos, que acarretam em reduções de produtividade e com isso perdas econômicas (CONAB, 2014).

A soja é uma oleaginosa da família Fabaceae originária da região da Manchúria, China (HYMOWITZ, 1970). É uma das culturas mais antigas, plantada pelo menos há cinco mil anos, espalhando-se pelo mundo por intermédio dos viajantes ingleses e por imigrantes japoneses e chineses (EMBRAPA, 2004).

No Brasil, a soja foi introduzida no ano de 1882 na Bahia (SANTOS, 1988). No entanto, o primeiro registro de cultivo da cultura foi no município de Santa Rosa, RS em 1914. Nesse município, em 1941, instalou-se a primeira indústria processadora de soja do país. Em 1949, com produção de 25 mil toneladas, o Brasil pela primeira vez, foi reconhecido como produtor de soja nas estatísticas internacionais (EMBRAPA, 2004).

No início da década de 1960, impulsionada pela política de subsídios do trigo (*Triticum aestivum* L.), que visava à autossuficiência da região Sul, a soja, que era usada em sucessão com

a cultura do trigo, se estabeleceu como cultura economicamente importante para o Brasil. Na mesma década a sua produção cresceu notoriamente, passando de 206 mil em 1960, para mais de um milhão de toneladas em 1969. Nessa época a região Sul era responsável por 98% da produção nacional da oleaginosa.

A expansão das áreas de cultivo para o Centro-Oeste, ocorreu na década de 1970, trazendo aumento expressivo da produção nacional (DIAS et al., 2009). Esse aumento da produção nacional decorreu não apenas do aumento da área cultivada, que passou de 1,3 para 8,8 milhões de hectares, mas também, foi devido ao expressivo incremento da produtividade, que passou da média de 1.140 para 1.730 kg/ha. No entanto, mais de 80% do volume produzido nessa época se concentrava nos três Estados da Região Sul do Brasil (EMBRAPA SOJA, 2004). Atualmente, o Rio Grande do Sul é o terceiro em produção de soja, assumindo 16,6% da produção nacional (KLFN, 2014).

## **2.2 Ferrugem-asiática da soja**

Em soja ocorrem duas doenças com o nome comum de ferrugem, a ferrugem-americana e a ferrugem-asiática (REIS et al., 2006). A ferrugem-asiática é considerada uma das doenças mais destrutivas e que causa maiores danos em várias fabáceas (YORINORI, 2002).

A forma asiática da ferrugem, que é causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, foi descrita pela primeira vez no Japão em

1902, num hospedeiro da família Fabaceae denominado *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb. Por volta de 1914 a ferrugem-asiática da soja surgiu em caráter epidêmico em vários países do sudoeste da Ásia, sendo descrita em Porto Rico no ano de 1976 (VAKILI & BROMFIELD, 1976); em 1990 na África; em 1994 no Havaí; em 1998 foi constatada em Uganda, Quênia, Ruanda e em março de 2001, foi detectada na África do Sul, assumindo caráter epidêmico em 2002. Acredita-se que o inóculo da doença chegou no continente africano por correntes aéreas (CALDWELL & LAING, 2002).

A primeira descrição da ferrugem-asiática no continente americano, foi no Paraguai em 2001 (MOREL, 2001); no Brasil, em maio de 2001 (COSTAMILAN et al., 2002; REIS et al., 2002) e na Argentina, na safra de 2001/2002 (ROSSI, 2003). Sendo descrita posteriormente na Bolívia, Uruguai e Colômbia e, pela primeira vez, nos Estados Unidos em novembro de 2004 (USDA, 2004).

Os primeiros sintomas da doença, geralmente, iniciam nas folhas do terço inferior da planta (REIS et al., 2006). Diferentemente das ferrugens dos cereais de inverno, que apresentam pústulas ferruginosas, as frutificações da ferrugem da soja não são muito evidentes a olho nu (KIRATI et al., 2005). São pontos menores que 1 mm, de coloração verde-acinzentada, com uma protuberância (urédia) na face abaxial da folha. Posteriormente as urédias tornam-se castanhas e abrem um pequeno poro, pelo qual os uredosporos são expelidos. Os uredosporos são inicialmente hialinos, tornando-se beges com o passar do tempo. À medida em que as lesões aumentam, o tecido da folha ao redor das urédias adquire coloração castanha, formando lesões em ambas as faces das folhas (REIS et al., 2006).

Em situações de alta severidade da doença ocorre amarelecimento seguido de abscisão das folhas atacadas. Assim, o estágio final de uma epidemia de ferrugem da soja numa lavoura, caracteriza-se por amarelecimento geral da folhagem com intensa desfolha (REIS et al., 2006).

As doenças foliares causadas por fungos podem comprometer até 20% do rendimento de sementes da cultura da soja, podendo chegar a valores superiores a 75% quando houver a presença da ferrugem-asiática da soja (YORINORI, 2002). O fungo não penetra nos tecidos do hospedeiro através dos estômatos, e sim, diretamente pelas células da epiderme foliar (REIS & CASA, 2012).

Além de soja, plantas de kudzu (*Pueraria lobata*) e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*), a ferrugem-asiática da soja tem como hospedeiros secundários naturais 31 espécies, pertencentes a 17 famílias diferentes (SINCLAIR & HARTMAN, 1996).

### **2.2.1 O patógeno**

A ferrugem-asiática da soja tem como agente causal *Phakopsora pachyrhizi*, um fungo do filo Basidiomycota, classe Basidiomycetes, ordem Uredinales e família Phakopsoraceae (REIS & CASA, 2012). Trata-se de um fungo que possui cinco diferentes estádios em seu ciclo de desenvolvimento. Segundo Alexopoulos et al. (1996), os estádios da ciclo das ferrugens são definidos como: estágio inicial "0", o qual é caracterizado pela presença de espermogônios produtores de espermácias (n) e hifas receptivas (n); estágio "I",

quando aécias produzem aeciosporos ( $n + n$ ); estágio "II", caracterizado pela produção de uredinosporos a partir de urédias ( $n + n$ ); estágio "III", estágio em que a télia produz teliosporos ( $n + n = 2n$ ); e estágio "IV", caracterizado pela produção de basidiosporos em basídias ( $n$ ). O fungo *P. pachyrhizi* tem sido descrito nos estádios uredinial, telial e basidial (II, III e IV). A fase epidêmica da doença, é caracterizada pela fase uredinial II, na qual os uredósporos são expelidos das urédias.

Por ser um fungo biotrófico, *P. pachyrhizi* sobrevive somente em tecidos vivos das plantas. Durante a entressafra, inóculos podem sobreviver em tigueras de plantas de soja, plantas de feijão, hospedeiros secundários, como kudzu e trevo, e em áreas de soja safrinha (CNPSO, 2010). Dentre as formas de resistência citadas, a soja safrinha provavelmente é a principal forma de multiplicação do inóculo da ferrugem. A soja safrinha de sequeiro é cultivada nos meses de fevereiro a maio. No caso da safrinha irrigada, esta é cultivada na região central do Brasil, desde abril até o mês de outubro (REIS & CASA, 2012). Dessa forma, no início do plantio da soja de verão, em meados de novembro, a soja remanescente (tiguera) da safrinha irrigada, servirá de fonte de inóculo para o próximo cultivo.

Temperaturas entre 15 e 28 °C, tendo como temperatura ótima 22,5 °C, e mais de 6 horas de molhamento foliar favorecem o desenvolvimento e infecção da doença. Para que ocorra uma epidemia severa, é necessário que haja um mínimo de 10 horas de molhamento foliar (ALMEIDA et al., 2005).

### **2.3 Tecnologia de aplicação de fungicidas**

Define-se tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas como o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem uma correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade adequada, de forma econômica, no momento correto, evitando ao máximo a contaminação de outras áreas (MATUO, 1990).

A aplicação de um tratamento fitossanitário tem início a partir do momento em que há deposição das gotas da pulverização no alvo específico (CHRISTOFOLETTI, 1992). A deposição do tratamento, depende da penetração das gotas atingindo o interior do dossel da planta. Fatores como a composição da calda fitossanitária, o modelo da ponta de pulverização escolhido, a pressão de operação, o diâmetro e homogeneidade das gotas, a velocidade da máquina aplicadora, a altura da barra e o volume de pulverização, exercem influência direta na penetração das gotas no interior do dossel das culturas (BOLLER, 2013).

Em pulverizações de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, deve-se adotar técnicas de aplicação que promovam adequada cobertura do dossel da planta, com especial atenção às folhas do terço inferior das plantas.

De acordo com Leiva (2010), para a obtenção de sucesso na aplicação do tratamento fitossanitário três fatores são indispensáveis: a escolha correta da dose e do produto a ser utilizado, a escolha do momento oportuno para o controle e a qualidade da aplicação. A qualidade da aplicação é determinada pela eficiência da

pulverização (volume pulverizado e dose do produto), da aplicação em si (quantidade de gotas que atingem o alvo), da absorção pela planta (fatores da própria calda, como pH e adjuvantes, além dos fatores ambientais) e da degradação do produto (LEIVA, 2010).

Em tecnologia de aplicação, os fatores do ambiente podem auxiliar ou prejudicar a deposição dos produtos fitossanitários sobre os seus alvos no momento da pulverização (BOLLER et al., 2011). Mesmo após a aplicação, ainda existe influência dos fatores atmosféricos. Esses atuam na absorção e translocação do tratamento fitossanitário no interior das plantas, facilitando ou dificultando a sua chegada nos órgãos das plantas onde deverão atuar. A temperatura e umidade relativa do ar, a velocidade do vento, a presença de orvalho e a ocorrência de chuvas logo após as aplicações, são fatores de influência no sucesso da aplicação (ANTUNIASSI, 2012).

O mercado dispõe de fungicidas eficazes para o controle da ferrugem da soja. No entanto, para a obtenção de sucesso no controle da doença, faz-se necessária a escolha adequada dos métodos de aplicação (OZKAN et al., 2006). Após o estágio R1, as pulverizações de fungicidas são mais frequentes e a soja atinge o máximo desenvolvimento vegetativo, sendo as folhas dos estratos superiores uma barreira contra a deposição de gotas da calda fungicida no interior do dossel, tornando as pulverizações convencionais pouco eficientes (ZHU et al., 2008a).

Além dos fatores atmosféricos, em leguminosas ocorrem mudanças reversíveis da angulação foliar ao longo do dia devido heliotropismo. Heliotropismo é uma resposta ativa à direção da radiação solar direta e pode ser classificada em: diaheliotropismo e

paraheliotropismo. Na primeira classificação, a superfície foliar permanece perpendicular aos raios solares, enquanto que na segunda há orientação paralelamente aos raios solares diretos (EHLERINGER & FORSETH, 1980).

A aplicação de produtos fitossanitários é uma atividade complexa e somente apresenta bons resultados quando segue os princípios técnicos corretos e adequados (BOLLER et al., 2010). A realização de pulverizações noturnas é uma forma de se evitar altas temperaturas e baixas umidades relativa do ar registradas durante parte do dia, no entanto neste período e nas primeiras horas da manhã é comum encontrar-se orvalho sobre as superfícies vegetais alvos das aplicações (BOLLER et al., 2010).

Resultados obtidos por Caus & Boller (2008) e Boller et al. (2010) indicaram que a presença de orvalho abundante, nos primeiros momentos da manhã, pode causar escorrimento da calda fungicida pulverizada, o que causou redução de eficiência do controle de doenças em soja. No entanto, em horários de menor presença de orvalho, no início da manhã, a orientação das folhas de soja em relação ao sol, não favorece a deposição do tratamento fitossanitário nos estratos inferiores da planta.

O uso de mecanismos auxiliares a barra do pulverizador melhora a deposição de gotas no interior na planta (ZHU et al., 2008a). A cortina de correntes é um exemplo de um mecanismo auxiliar à barra. Trata-se de um conjunto de correntes, dispostas na barra de pulverização, que inclinam as plantas a partir do movimento da máquina. As plantas se prostram no sentido do deslocamento do trator, ocasionando a abertura de uma cunha no dossel da cultura, o

que permite maior deposição de gotas nos estratos inferiores da cultura (WITT et al., 2009). Em ensaios realizados por Witt et al. (2010), o uso da cortina de correntes reduziu a severidade da ferrugem no terço inferior das plantas, sem prejuízo significativo para a cobertura das folhas da parte superior da cultura.

## **2.4 Arquitetura de plantas**

A arquitetura de plantas é o conjunto de características que definem a forma, tamanho, geometria e estrutura externa da planta (ROSS, 1981), podendo ser definida, também, como a organização tridimensional da estrutura da planta. Para os órgãos aéreos da planta, a angulação da ramificação, o tamanho, formato e posição das folhas, ramos e órgãos florais constituem a arquitetura de uma planta (REINHARDT & KUHLEMEIER, 2002).

A arquitetura de plantas é representada pelo conjunto de: estatura de plantas, número de ramos por planta e IAF. De acordo com Debortoli (2011), a arquitetura de plantas de soja exerce efeito significativo na cobertura e penetração de gotas do tratamento fitossanitário. Quanto maior o IAF, maior a dificuldade de penetração da calda aplicada em todo o dossel da planta. Além disso, a forma como os componentes da planta são conectados, o comprimento da ramificação e do internódio (PEDERSEN & LAUER, 2004) exercem efeito na qualidade da aplicação do tratamento fitossanitário. Essas características são afetadas pelas condições do ambiente (PACHEPSKY et al., 2004).

Plantas de soja podem apresentar crescimento

determinado, indeterminado ou semi-determinado. De acordo com Faria et al. (2011), cultivares de crescimento determinado não ramificam após o florescimento, produzindo menor número de ramos por planta. Apresentam folhas grandes e o tamanho das folhas de terço superior é semelhante ao tamanho dos outros terços da planta. Já cultivares de hábito de crescimento indeterminado, crescem e se ramificam mesmo após o florescimento, produzindo maior número de ramos, porém com folhas menores. As folhas do terço superior são sempre menores que as folhas do restante da planta (FARIA et al., 2011). As cultivares de crescimento semi-determinado apresentam tanto características de cultivares de crescimento determinado como características de cultivares de crescimento indeterminado.

## **2.5 Redução da sensibilidade do fungo a fungicidas**

De acordo com Roese (2011), existe a tendência de fungos causadores de ferrugens se tornarem mais agressivos com o passar do tempo, porque assim como todo microrganismo, esses têm a capacidade de mutação, o que lhe permite sobreviver em condições adversas. Uma vez que o fungo sobrevive e se reproduz em plantas que foram tratadas com fungicida, esse se mostrará mais agressivo e resistente, podendo gerar assim indivíduos mutantes que sobrevivam a doses do fungicida que antes eram letais.

O uso contínuo do mesmo fungicida permite o aumento da população do fungo resistente, o que gera perda de eficiência no controle do patógeno. Não existem mudanças no fungicida, mas o fungo sofre mudanças que lhe permitem sobreviver ao fungicida

(REIS et al., 2010a). Esse processo é acentuado com o uso constante do mesmo fungicida, com o emprego de doses diferentes das recomendadas, com aplicações mal realizadas ou em momentos inadequados. É justamente por esses motivos que a escolha do fungicida e os cuidados no momento da aplicação são fundamentais para a eficiência do controle.

Com relação à exposição, deve-se observar a recomendação do FRAC (Fungicide Resistance Action Committee), de evitar a exposição a um mesmo fungicida por longo período ou o seu uso em áreas muito extensas. A lógica por trás dessa recomendação é de que o fungo que causador de ferrugens pode se adaptar às condições adversas (aplicação de fungicida) e desenvolver populações resistentes. Observa-se ainda, pelos ensaios de eficiência de fungicidas, que existem diferenças de eficiência entre os triazóis e entre as estrobilurinas (ROESE, 2011).

A utilização de misturas de triazol e estrobilurina é uma estratégia antirresistência, devido ao diferente mecanismo de ação da estrobilurina que atua sobre indivíduos resistentes e sensíveis ao triazol (EMBRAPA SOJA, 2012). Daí existe a necessidade da determinação dos melhores tratamentos fúngicos, aliado as doses corretas para o controle da ferrugem, sem a repetição contínua dos mesmos produtos.

## 2.6 Concentração inibitória de fungicidas

Segundo Reis et al. (2010), nem todas as substâncias químicas são tóxicas aos fungos. Pela quantificação da dose efetiva (DE), concentração efetiva (CE) e concentração inibitória (CI) pode-se obter a sensibilidade do fungo à substância tóxica. O valor 50 da CI, refere-se à concentração do fungicida (mg/L) que inibe 50% do crescimento micelial, germinação de esporos, números de lesões por cm<sup>2</sup>, ou ainda, número de urédias por cm<sup>2</sup> (REIS et al., 2010a). O parâmetro utilizado para a determinação da CI<sub>50</sub> *in vitro* é a contagem do percentual de esporos germinados. Essa está correlacionada a um fungo específico, de modo que seu valor pode sofrer alterações ao longo do tempo, devido as mudanças genéticas do patógeno.

Para que uma substância seja considerada fungicida, deve ter valor da concentração capaz de inibir a sobrevivência de 50% da população do patógeno (CI<sub>50</sub>) inferior a 50 mg/L (50 ppm). Já para um fungicida ser considerado altamente tóxico, o valor de sua CI<sub>50</sub> não deve ultrapassar 1 mg/L (1 ppm) e, para aqueles considerados moderados, a CI<sub>50</sub> deve estar no intervalo de 1 a 50 mg/L (1 a 50 ppm) (EDGINGTON & KLEW, 1971).

O Brasil dispõe de 114 fungicidas de uso comercial com registro para a FAS (AGROFIT, 2014), dos quais mais da metade está compreendida no grupo químico triazol e cerca de 30% são formulados a partir da mistura triazol + estrobilurina. Os outros restantes são formados por misturas de triazol + benzimidazol, triazol + estrobilurina, estrobilurina + triazolintiona, pirimidinil carbinol e carboxamida + estrobilurina. No entanto, pouco dispõe-se de

informações em relação a concentração inibitória (CI<sub>50</sub>) desses compostos, tanto em mistura quando isolados. Através da determinação periódica da CI<sub>50</sub> dos fungicidas de uso comercial, torna-se possível quantificar possíveis reduções ou perdas de sensibilidade de *P. pachyrhizi* a fungicidas.

## CAPÍTULO I

### CONTROLE QUÍMICO DE FERRUGEM-ASIÁTICA EM SOJA DE CRESCIMENTO DETERMINADO EM FUNÇÃO DOS HORÁRIOS DE PULVERIZAÇÃO E AUXÍLIO À BARRA

BIANCA DE MOURA<sup>1</sup>

**RESUMO** - Uma das principais estratégias para o controle da ferrugem-asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) é a aplicação de fungicidas na parte aérea das plantas. No entanto, muitas vezes, os trifólios localizados nas extremidades superiores das plantas constituem uma barreira física contra a deposição de gotas da pulverização no interior do dossel da cultura. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficácia em aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, comparando horários de aplicação e a utilização ou não de um dispositivo de auxílio à barra. No campo experimental da FAMV/UPF, plantas de soja da cultivar BMX Ativa RR receberam pulverizações do fungicida azoxistrobina 60 g i.a./ha + benzovindiflupir 30 g i.a./ha nos estádios R2, R4 e R5.4. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições por tratamento, em esquema fatorial 2 x 7 (dois modelos de

---

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia - bibamoura@hotmail.com

barra - com e sem auxílio da cortina de correntes x seis horários de aplicação + uma testemunha sem aplicação). Quinze dias após a primeira e a segunda aplicações foram avaliadas a incidência foliolar, a severidade e o número de urédias de *P. pachyrhizi* por cm<sup>2</sup> em cada terço das plantas. No final do ciclo, as parcelas foram colhidas separadamente para avaliação do rendimento de sementes. A utilização da cortina de correntes beneficiou a deposição de gotas da calda fungicida no interior do dossel das plantas em todos os horários testados. Aplicações realizadas às 6h, em que há presença de orvalho e os folíolos superiores assumem posição horizontal em relação ao solo, evidenciaram maior resposta à utilização da cortina de correntes para a penetração de gotas nos estratos inferiores das plantas. Em todos os tratamentos, as aplicações do fungicida proporcionaram rendimentos de sementes significativamente superiores aos obtidos na testemunha. Com a utilização da cortina de correntes, os rendimentos não se diferenciaram estatisticamente entre si. Sem auxílio à barra, o rendimento de sementes obtido às 6h foi inferior aos demais horários. Aplicações realizadas às 6h e 9h com auxílio à barra, superaram os valores de rendimento das aplicações realizadas sem auxílio nos mesmos horários.

**Palavras-chave:** *Phakopsora pachyrhizi*, cortina de correntes, eficácia, incidência, rendimento de sementes.

**CHEMICAL CONTROL OF ASIAN RUST FOR DETERMINATE  
GROWTH SOYBEAN IN RESPONSE TO TIME OF  
APPLICATION AND AN AUXILIARY SPRAY BOOM**

**ABSTRACT** - A strategy key for the Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) control is the application of fungicides to the aerial parts of plants. However, the leaves located at the upper ends of the plants often constitute a physical barrier against the spray droplets deposition within the crop canopy. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of fungicide application to control soybean rust, comparing application times and the spray bar usage with or without assistance of an auxiliary. At the FAMV/UPF experimental field, soybean plants of the cultivar BMX Ativa RR received sprays of the fungicide azoxystrobin (60 g a.i/ha) + benzovindiflupyr (30 g a.i/ha) at the R2, R4 and R5.4 stages. The experiment was designed in a randomized complete blocks, with four replicates per treatment in a 2 x 7 factorial scheme (two spray bar options - with or without the aid of the curtain of chains x six times of application + one control without application). Fifteen days after the first and the second applications, the foliar incidence, the severity and the number of uredias of *P. pachyrhizi* per cm<sup>2</sup> of the plants canopy were evaluated. At the end of the cycle, the plots were combined separately to evaluate seed production. The usage of the curtain of chains benefited the fungicide droplets deposition in the plant canopy at all times tested. Applications made at 6:00 am, when there is dew present and the upper leaflets

assumed a horizontal orientation, showed the greatest need of a curtain of chains to improve droplets deposition in the lower plant canopy. In all treatments, fungicide applications produced significantly greater seed yields to those obtained in the control. With the use of curtain of chains, yields were significantly equal to each other at all the times. Without the auxiliary bar, the seed yield obtained at 6:00 am was lower than the other times. At 6:00 and 9:00 am, applications with the auxiliary bar produced greater yields compared to those without the auxiliary.

**Key words:** *Phakopsora pachyrhizi*, curtain of chains, effectiveness, incidence, seed yield.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil está entre os maiores produtores de soja, sendo considerado o segundo maior produtor mundial da commodity nas safras 2012/2013 e 2013/2014. Ficando atrás somente dos Estados brasileiros do Mato Grosso e Paraná, o Rio Grande do Sul é o terceiro em produção de soja, sendo responsável por 15% da produção nacional (CONAB, 2014). Na cultura da soja, além de outras doenças, ocorrem duas ferrugens diferentes: a ferrugem-americana e a ferrugem-asiática. A ferrugem-asiática da soja (FAS), causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow (1914) é a doença mais destrutiva da cultura (REIS & CASA, 2012), com danos que podem comprometer a produção em até 75% (YORINORI, 2002). Dentre os danos causados pela FAS destacam-se as reduções do número de vagens, número de sementes por vagem e peso de sementes (OGLE et al., 1997). Porém os maior danos são atribuídos à desfolha quando a infecção ocorre logo após a floração (BROMFIELD, 1984).

O Rio Grande do Sul foi o estado com maior incidência de FAS nas safras 2012/2013 e 2013/2014 (RURAL BR, 2014). Somente para a safra 2014/2015, no final do mês de outubro já tinham sido confirmados 29 focos de incidência da doença (APLICATIVO CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM, 2014).

Dentre as medidas de manejo da doença, estão: a eliminação de plantas voluntárias hospedeiras, como feijão e kudzu; a preferência na

escolha de cultivares de ciclo mais curto em áreas de alta pressão da doença; programar a semeadura em época tal que as fases de maior sensibilidade da cultura ao ataque do patógeno (início da floração e enchimento de sementes), não coincidam com épocas de alta pressão da doença; e a aplicação de fungicidas para o manejo da *P. pachyrhizi*. De todas as medidas de controle citadas, a aplicação de fungicidas ainda têm sido aquela que apresenta melhor eficiência no controle da doença.

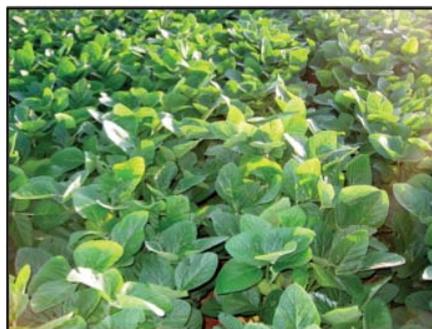
Para a obtenção de alta eficácia na aplicação de um produto fitossanitário, é preciso que ocorra a deposição das gotas pulverizadas sobre o alvo específico (CHRISTOFOLETTI, 1992; AZEVEDO, 2003). As condições ambientais devem ser favoráveis à absorção e translocação dos produtos (VARGAS & GLEBER, 2005). Devem ser evitadas pulverizações em situações de umidade relativa inferior a 50% e temperatura ambiente superior a 30 °C. No caso do vento, o ideal é que as aplicações sejam realizadas com vento entre 3 e 10 km/h. A ausência de vento também pode ser prejudicial, podendo ocorrer correntes ascendentes que dificultam a deposição das gotas pequenas no alvo da pulverização (ANTUNIASSI, 2012).

No caso específico da FAS, que tem o início da infecção na maioria das vezes nas folhas do terço inferior, é necessário que haja deposição das gotas em todos os terços da planta, assegurando dessa forma, alta eficácia da aplicação. No entanto, as folhas do terço superior das plantas, constituem uma barreira física contra a penetração de gotas das pulverizações no interior do dossel da cultura (BOLLER et al., 2011).

Devido a fatores da fisiologia da planta, os folíolos de soja orientam-se conforme a posição do sol, alterando a intercepção das gotas das pulverizações pelos estratos superiores. Essa movimentação da folhas é um tipo de tropismo especial (heliotropismo). Nos horários de menor incidência solar (início e final do dia), as folhas de soja do terço superior encontram-se em posição horizontal em relação ao solo (Figuras 1 e 2).



**Figura 1** - Orientação das folhas às 6h.  
Foto: Moura, B.



**Figura 2** - Orientação das folhas às 9h.  
Foto: Moura, B.

Já nos horários em que há maior incidência solar, as folhas do terço superior, assumem a posição próxima à vertical em relação ao solo (Figuras 3 e 4). Ao entardecer, os folíolos superiores voltam a tornar sua angulação mais próxima a  $180^\circ$  em relação à horizontal (Figura 5). Tornando os bordos das folhas para o solo ao cair da noite (Figura 6).



**Figura 3** - Orientação das folhas às 12h.  
Foto: Moura, B.



**Figura 4** - Orientação das folhas às 15h.  
Foto: Moura, B.



**Figura 5** - Orientação das folhas às 18h.  
Foto: Moura, B.



**Figura 6** - Orientação das folhas às 21h.  
Foto: Moura, B.

Nos últimos anos, mecanismos auxiliares para barras de pulverização, como barra rija, cortina de ar e cortina de correntes, são utilizados com o intuito de aumentar a penetração de gotas dos tratamentos fitossanitários no interior do dossel das plantas. Em geral, aplicações de fungicidas com utilização de mecanismos de auxílio à barra do pulverizador, são mais eficazes no controle da FAS, que aplicações realizadas com a barra convencional (OZKAN et al., 2006).

Esse trabalho objetivou avaliar a eficácia das aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja em diferentes horários do dia, com e sem uma cortina de correntes fixa à barra do pulverizador (Figura 7).



**Figura 7** - Cortina de correntes acoplada à barra de pulverização. Fonte: Boller, W.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no campo experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (FAMV/UPF). A área está situada à altitude de 687 metros, latitude 28° 23' S e Longitude 52° 38' O. A região apresenta clima subtropical úmido, com chuvas em todos os meses do ano, sendo a precipitação anual média acumulada de 1.788 mm. A média de temperatura nos meses mais frios é de 12 °C, enquanto que nos meses mais quentes é de 22 °C (EMBRAPA TRIGO, 2013).

Em dezembro de 2013 a cultivar BMX Ativa RR foi estabelecida com densidade de 350.000 plantas/ha. BMX Ativa RR é uma cultivar de hábito de crescimento determinado, ciclo precoce, pertencente ao grupo de maturação 5.6, apresentando peso de mil sementes de 174g, flores de cor roxa, pubescência cinza e hilo preto imperfeito. É um material de alta exigência em fertilidade do solo, com elevado potencial produtivo, resistente ao acamamento, com baixa ramificação, ideal para ambientes de alta tecnologia. Pela baixa ramificação, necessita atenção especial com o estande final de plantas. A cultivar apresenta resistência às raças 1, 3 e 4 de *Phytophthora* spp., fungo causador de podridão radicular (doença conhecida como podridão negra) e resistência moderada a mancha olho de rã (BRASMAX SOJA, 2014a).

Cada parcela experimental foi composta por sete linhas de semeadura, com 10 metros de comprimento, distanciadas 0,45m entre si.

A primeira e a sétima linhas serviram de bordaduras, a segunda e a sexta linhas foram usadas para a avaliação da incidência e severidade da ferrugem e as três linhas centrais foram colhidas para estimar o rendimento de sementes e o peso de mil sementes.

Vinte dias após a emergência das plantas de soja, procedeu-se ao controle químico das plantas daninhas, pulverizando o herbicida glifosato (360 g/L), na dose de 2,0 L/ha. Quando as plantas atingiram o estágio fenológico V8 - V9 (sétima à oitava folha trifoliolada completamente expandida) (FEHR & CAVINESS, 1977), foi realizada uma aplicação de 150 mL/ha do fungicida difenoconazol (250 g/L) + propiconazol (250 g/L), juntamente com os inseticidas diflubenzurom (250 g/kg) e metoxifenoazida (240 g/L), nas doses de 100g/ha e 90mL/ha respectivamente, acrescidos de 600 mL de óleo mineral Nimbus® (428 g/L) em área total. Essas aplicações foram destinadas ao controle de oídio (*Microspheera diffusa* Cooke & Peck), percevejos marrom e da soja, lagartas da soja, falsa-medideira e helicoverpa e diabrótica, utilizando-se volume de calda de 100 L/ha.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso (DBC), com quatro repetições por tratamento, em arranjo fatorial 2 x 7 (dois modelos de barra - com e sem auxílio da cortina de correntes e seis horários de pulverização + uma testemunha sem aplicação) (Tabela 1). A calda fitossanitária pulverizada em cada uma das aplicações, com exceção da Testemunha isenta de aplicação, foi composta pelo fungicida azoxistrobina 60 g i.a./ha + benzovindiflupir 30 g i.a./ha, acrescido de 600

mL/ha do óleo mineral Nimbus® (428 g/L) com 50 mL/ha de espalhante adesivo siliconado.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos aplicados nos estádios fenológicos R2, R4 e R5.4 em função da utilização da barra do pulverizador auxiliada ou não pela cortina de correntes. Ensaio com soja BMX Ativa RR. UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos da barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
6h	6hS*	6hC**
9h	9hS	9hC
12h	12hS	12hC
15h	15hS	15hC
18h	18hS	18hC
21h	21hS	21hC
Testemunha sem aplicação	Testemunha S	Testemunha C

\* A letra S, seguida do horário de aplicação, representa as aplicações realizadas sem auxílio à barra.

\*\* A letra C, seguida do horário de aplicação, representa as aplicações realizadas através da barra auxiliada pela cortina de correntes.

A primeira aplicação dos tratamentos, foi realizada em 22/01/2014, apenas um dia após a detecção do primeiro foco de ferrugem na região de Passo Fundo/RS, quando havia 5% de incidência foliolar da ferrugem nas plantas presentes no ensaio. As plantas encontravam-se no estágio fenológico R2 - florescimento pleno (FEHR & CAVINESS, 1977). Devido às condições meteorológicas desfavoráveis, com médias de temperaturas de 24,1 °C e má distribuição de chuvas no período, com o total acumulado de 91,2 mm (EMBRAPA TRIGO, 2014), a segunda aplicação foi realizada somente 25 dias após a primeira, estando as plantas em R4 - estágio de vagem completamente desenvolvida (FEHR &

CAVINESS, 1977). E finalmente, a terceira aplicação, ocorreu 21 dias após a segunda, estando as plantas no estágio fenológico R5.4 - fase de enchimento de sementes com granação de 51 a 75% (RITCHIE et al., 1977).

De acordo com informações do fabricante, o intervalo entre aplicações do fungicida azoxistrobina 30% + benzovindiflupir 15% deve ser de 14 dias sob condições climáticas muito favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, 21 dias sob condições favoráveis e 28 em condições pouco favoráveis ao desenvolvimento da doença (ADAPAR, 2014).

Nas aplicações foram utilizadas pontas de pulverização de jato plano de impacto da série Teejet® TT110015, as quais produziram gotas de categoria média (ASAE, 2000), sob pressão de trabalho de 2,5 bar (250 kPa). Para a primeira pulverização (plantas em R2), o conjunto trator/pulverizador movimentou-se na velocidade de 6,5 km/h, de forma a pulverizar 100 L de calda/ha. Para a segunda e terceira aplicações (R4 e R5.4), a velocidade de trabalho do conjunto foi de 5,4 km/h, assegurando volume de calda de 120 L/ha.

Em R4 foi realizada a contagem do número de plantas por metro, estimando-se dessa forma a população final de plantas. O número médio de plantas por metro foi de 14,6, correspondendo a uma estimativa de população final de 324.445 plantas/ha.

Um dia antes de cada uma das pulverizações, foi quantificada a área foliar baseada na média de 15 plantas amostradas aleatoriamente. O

índice de área foliar (IAF) médio do experimento, nos estádios R2, R4 e R5.4 foi 5,09; 7,53 e 4,19, respectivamente. Em dois momentos foi mensurada a estatura das plantas, baseada na média de uma amostra de 50 plantas. Em R2 a estatura média de plantas foi de 0,73 m e de 1,03 m em R4.

As condições atmosféricas foram monitoradas por meio de um anemômetro portátil modelo AVM-40 (Kestrel® 4000), sendo determinadas a velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar em cada um dos horários, nas três aplicações (Quadro 1).

Quadro 1 - Condições atmosféricas durante cada horário das aplicações dos tratamentos fitossanitários. BMX Ativa RR, estádios fenológicos R2, R4 e R5.4. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	R2			R4			R5.4		
	* vel.	T °C	% UR	vel.	T °C	% UR	vel.	T °C	% UR
6h	8,0	21,0	83,0	6,0	14,3	80,0	1,8	15,2	85,3
9h	6,6	25,0	77,0	6,4	20,2	70,5	5,4	20,4	84,3
12h	5,8	34,0	60,0	5,3	22,5	64,8	3,4	27,5	59,5
15h	6,0	32,0	59,0	3,8	28,0	57,0	3,0	26,2	59,2
18h	1,5	33,4	52,5	2,8	26,4	60,4	3,4	23,5	65,6
21h	2,5	26,4	71,0	1,9	23,2	62,8	1,5	21,2	78,8
** Test.	sem aplicação								

\* Valores referentes à velocidade do vento (vel.) em km/h, temperatura do ar (T °C) e percentual de umidade relativa do ar (% UR).

\*\* Representa testemunha isenta de aplicação dos tratamentos.

Em todas as pulverizações, para cada um dos tratamentos, foi colocado um cartão sensível no solo na entrelinha de plantio. O cartão teve como finalidade avaliar a deposição de gotas da calda fitossanitária

sobre os estratos inferiores das plantas nas aplicações dos tratamentos. Os cartões foram identificados e armazenados em envelopes de papel para posterior leitura do número de impactos de gotas por  $\text{cm}^2$ , tamanho médio de impactos e estimativa do volume de calda depositado nos estratos inferiores da cultura, através do programa CIR 1.5®.

Quinze dias após a primeira e a segunda aplicações, foram feitas amostragens para avaliação de incidência e quantificação do número de urédias/ $\text{cm}^2$ . Foram coletados três trifólios de cada terço da planta (superior, médio e inferior), de plantas presentes na segunda e sexta linhas de plantio, totalizando, dessa forma, seis trifólios por terço.

O material amostrado foi armazenado em sacos plásticos mantidos em geladeira, à temperatura de 10 °C evitando a necrose do material vegetal, até a avaliação. Três folhas de cada terço, para cada um dos tratamentos, foram divididas em quadrantes, nos quais se fez a contagem do número de urédias em  $1/4 \text{ cm}^2$ , totalizando dessa forma 1,0  $\text{cm}^2$ .

A avaliação da incidência foi feita com auxílio de um microscópio estereoscópico da marca Zeiss, modelo Stemi 2000 - C, sendo o aumento ajustado de forma a fornecer imagem nítida. Já a quantificação do número de urédias por  $\text{cm}^2$ , foi realizada através de um microscópio óptico, utilizando a objetiva de 40 aumentos.

Na amostragem, após a segunda aplicação, foi feita avaliação visual da severidade da ferrugem baseada em uma amostra de 10 folhas por terço, para cada um dos tratamentos. Para as notas de severidade, foi

utilizada a escala diagramática de FAS desenvolvida por Godoy et al. (2006).

Dessa forma, foram estimadas a incidência, a severidade e o número de urédias de ferrugem em cada uma das repetições, para cada um dos tratamentos. No final do ciclo da cultura, a terceira, quarta e quinta linhas de plantio de cada parcela foram colhidas separadamente para a quantificação da produção e do peso de mil sementes, cujos valores foram corrigidos para umidade de 13%.

O índice de área foliar, para cada terço, foi mensurado a partir de uma amostra de 20 plantas no final do ciclo da cultura.

Procedeu-se a análise de variância (ANOVA) para todos os dados obtidos (F-Teste a 5 % de probabilidade de erro), verificando dessa forma a existência ou não de diferenças entre os tratamentos. Havendo diferenças significativas entre as médias, estas foram comparadas pelo teste de comparação de médias de Tukey, com 5 % de probabilidade de erro. Na presença de interação entre os fatores modelos de barra e horários de aplicação, os dados para os terços superior, médio e inferior foram apresentados em uma única tabela. Não havendo, os dados foram apresentados em tabelas isoladas para cada terço das plantas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a primeira avaliação de incidência da ferrugem no terço superior das plantas, feita 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos, não foram encontradas diferenças significativas entre os horários de aplicação e também não houve interação entre os horários e os diferentes tipos da barra de pulverização (Tabela 2).

Tabela 2 - Incidência da ferrugem no terço superior das plantas, 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
6h	7,50 ns*	2,50 ns*
9h	5,00	7,50
12h	10,00	10,00
15h	12,50	2,50
18h	5,00	2,50
21h	12,50	0,00
Testemunha	10,00	5,00
C.V. (%)	96,67	

ns - não houve diferenças significativas entre os horários de aplicação e assistência à barra (F-teste a 5% de probabilidade de erro).

Já para a avaliação de incidência da ferrugem nos terços médio e inferior de plantas, houve diferenças significativas entre as aplicações feitas com e sem auxílio à barra. Aplicações realizadas às 6h, 9h e 12h com auxílio à barra demonstraram valores de incidência da ferrugem no terço médio superiores às aplicações realizadas nos mesmos horários sem auxílio à barra (Tabela 3).

Tabela 3 - Incidência da ferrugem nos terços médio e inferior das plantas, 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
	Terço médio	
6h	B 42,50 b	A 67,50 ab
9h	B 15,00 c	A 40,00 de
12h	B 32,50 b	A 57,50 bc
15h	A 35,00 b	A 42,50 de
18h	A 37,50 b	A 45,00 cd
21h	A 35,00 b	A 30,00 e
Testemunha	A 72,50 a	A 72,50 a
C.V. (%)	14,69	
Horário	Terço inferior	
6h	A 92,50 a	A 90,00 ab
9h	A 87,50 a	B 70,00 c
12h	A 90,00 a	B 80,00 abc
15h	A 97,50 a	A 90,00 ab
18h	A 92,50 a	B 55,00 d
21h	A 85,00 a	A 77,50 bc
Testemunha	A 92,50 a	A 92,50 a
C.V. (%)	7,26	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Nas aplicações feitas nos diferentes horários sem auxílio à barra, o tratamento 9hS foi o que demonstrou menor incidência de ferrugem no terço médio das plantas. Todos os outros horários, apesar de não demonstrarem diferenças significativas entre si, se diferenciaram estatisticamente das parcelas sem aplicação (Testemunha S), (Tabela 3).

Para as aplicações feitas com a barra do pulverizador auxiliada pela cortina de correntes, os tratamentos 21hC, 9hC e 15hC foram aqueles que demonstraram menores valores de incidência da ferrugem no terço médio das plantas. O tratamento 18hC não se diferenciou estatisticamente dos tratamentos 9hC e 15hC. O tratamento 12hC também não se diferenciou do 18hC. O valor da incidência da ferrugem no terço médio demonstrado pelo tratamento 6hC não o diferenciou da Testemunha C (Tabela 3).

Para a incidência da ferrugem do terço inferior das plantas, houve diferenças significativas entre aplicações feitas com e sem auxílio à barra somente nos os horários de aplicação das 9h, 12h e 18h. Nesses horários, a utilização da cortina de correntes proporcionou menor incidência da ferrugem, o que indica ter ocorrido maior deposição de calda fitossanitária no terço inferior das plantas devido ao auxílio à barra. Nos demais horários de aplicação, não foram encontradas diferenças significativas entre utilização ou não de auxílio à barra. Nas aplicações realizadas através da barra sem auxílio, não foram encontradas diferenças significativas dentre os diferentes horários e tampouco entre as parcelas pulverizadas e a testemunha, evidenciando a baixa eficácia da barra de pulverização sem auxílio para promover a deposição de gotas da calda fitossanitária no terço inferior das plantas (Tabela 3).

Pulverizações realizadas através de barras convencionais em culturas de alta densidade de plantas e elevado índice de área foliar, como é o caso da cultura da soja nos estádios reprodutivos, geralmente

apresentam baixa eficácia na deposição de gotas nos estratos inferiores do dossel das plantas (ZHU et al., 2008b).

Já para aplicações feitas com a barra do pulverizador auxiliada pela cortina de correntes, o tratamento 18hC foi aquele que demonstrou menor incidência da ferrugem no terço inferior (Tabela 3), confirmando dessa forma, dados obtidos anteriormente por Boller et al., 2013. Por sua vez, os tratamentos 6hC, 12hC e 15hC não se diferenciaram significativamente da Testemunha C.

Para a densidade de urédias/cm<sup>2</sup> nos terços superior e médio das plantas amostradas, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos nas avaliações feitas com 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. O número médio de urédias/cm<sup>2</sup> no terço superior das plantas nas parcelas que receberam aplicações com ou sem a barra assistida pela cortina de correntes, não ultrapassou 0,6. Enquanto a média da testemunha foi de apenas 0,94 urédias/cm<sup>2</sup>. Já a média do número de urédias/cm<sup>2</sup> no terço médio, foi de apenas 3,55 e da testemunha sem aplicação 6,7.

Na avaliação do número de urédias de *P. pachyrhizi* por cm<sup>2</sup> do terço inferior das plantas, as aplicações nos horários das 6h, 12h, 15h e 21h, foram beneficiadas pela utilização da cortina de correntes. Para aplicações feitas sem auxílio à barra, os tratamentos 18hS e 21hS foram aqueles que numericamente apresentaram o menor número de urédias/cm<sup>2</sup>. Apesar disso, esses não se diferenciaram estatisticamente dos tratamentos 9hS e da testemunha sem aplicação (Testemunha S). O

tratamento 15hS foi aquele que apresentou a maior densidade de urédias/cm<sup>2</sup>, superando o valor da testemunha (Tabela 4).

Tabela 4 - Número de urédias de *Phakopsora pachyrhizi* por cm<sup>2</sup> no terço inferior das plantas, 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
6h	A 6,37 b	B 4,40 b
9h	A 5,85 bc	A 5,80 bc
12h	A 6,42 b	B 5,70 bc
15h	A 8,32 a	B 6,95 a
18h	A 5,40 cd	A 5,20 cd
21h	A 5,25 cd	B 3,90 e
Testemunha	A 5,82 bc	A 6,15 a
C.V. (%)	7,08	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para aplicações feitas sem auxílio à barra, os tratamentos 18hS e 21hS foram aqueles que numericamente apresentaram o menor número de urédias/cm<sup>2</sup>. Apesar disso, esses não se diferenciaram estatisticamente dos tratamentos 9hS e da testemunha sem aplicação (Testemunha S). O tratamento 15hS foi aquele que apresentou a maior densidade de urédias/cm<sup>2</sup>, superando o valor da Testemunha S (Tabela 4). Fatores adversos, como alta temperatura e baixa umidade relativa do ar, podem ter desfavorecido as aplicações realizadas com e sem auxílio à barra no horário das 15h. Dessa forma, também nas aplicações feitas

através da barra auxiliada pela cortina de correntes, o tratamento 15hC, foi aquele que apresentou o maior número de urédias/cm<sup>2</sup>, igualando-se estatisticamente a testemunha sem aplicação (Testemunha C).

De acordo com Antuniassi (2005), em uma pulverização do tratamento fitossanitário realizada sob situações de temperatura atmosférica acima de 30 °C e umidade relativa do ar menor, ou próxima a 50%, ocorre a diminuição do tempo de permanência de gotas da calda antes de sua evaporação, comprometendo muitas vezes a absorção do tratamento fitossanitário pela planta.

Para o número de urédias/cm<sup>2</sup> nas aplicações feitas através da barra do pulverizador auxiliada pela cortina de correntes, o tratamento 21hC foi aquele que apresentou os melhores resultados, se diferenciando estatisticamente de todos os outros (Tabela 4). Confirmando mais uma vez a importância da utilização de auxílio à barra especialmente nas aplicações realizadas nos horários em que os folíolos do terço superior das plantas de soja encontram-se em posição horizontal em relação à superfície do solo, agindo dessa forma como um escudo contra à deposição de gotas no interior do dossel das plantas. Esses dados concordam com relatos de Zhu et al.(2008a) e Boller et al. (2011).

Ainda nas aplicações feitas com auxílio à barra, os tratamentos 6hC, 9hC e 12hC não se diferenciaram estatisticamente. Já o tratamento 18hC, o qual também foi realizado sob condições de alta temperatura atmosférica e baixa umidade relativa do ar, não se

diferenciou estatisticamente de 9hC e 12hC. No entanto, o número de urédias/cm<sup>2</sup> de 18hC superou o tratamento 6hC (Tabela 4).

De modo geral, as avaliações após a primeira aplicação foram realizadas no início da infecção por *P. pachyrhizi*, havendo maior variabilidade dos dados, diminuindo a ocorrência de diferenças significativas entre os tratamentos.

Para as avaliações de incidência da ferrugem no terços superior e inferior 15 dias após a segunda aplicação, foram encontradas diferenças significativas tanto entre modelos de barra, quanto nos horários de aplicação. Aplicações feitas às 9h e às 21h sem auxílio à barra, demonstraram menor incidência da ferrugem no terço superior que aplicações feitas no mesmo horário com auxílio à barra. Já as aplicações realizadas às 6h, 15h e 18h com utilização da cortina de correntes, demonstraram menores valores de incidência da ferrugem em relação às aplicações feitas sem auxílio à barra (Tabela 5).

Para as aplicações realizadas sem auxílio à barra, o tratamento 21hS foi aquele que demonstrou a menor incidência da ferrugem no terço superior de folhas. No entanto, 21hS não se diferenciou significativamente dos tratamentos 9hS, 12hS e 18hS. Também não houve diferença significativa entre aplicações feitas às 6h sem auxílio e a testemunha não tratada, evidenciando que, muitas vezes, a presença de orvalho nas primeiras horas do dia favorece o escorrimento da calda aplicada, dificultando sua absorção pelas plantas (Tabela 5).

Tabela 5 - Incidência da ferrugem nos terços superior e inferior das plantas, 15 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
Terço superior		
6h	A 95,00 ab	B 87,50 bc
9h	B 80,00 cd	A 87,50 bc
12h	A 85,00 cd	A 90,00 b
15h	A 87,50 bc	B 80,00 cd
18h	A 85,00 cd	B 75,00 d
21h	B 77,50 d	A 85,00 bc
Testemunha	A 100,00 a	A 100,00 a
C.V. (%)	5,10	
Terço inferior		
6h	A 95,00 ab	A 97,50 b
9h	A 90,00 ab	B 80,00 c
12h	A 95,00 ab	A 95,00 ab
15h	A 90,00 ab	A 87,50 bc
18h	B 85,00 b	A 95,00 ab
21h	A 97,50 a	A 92,50 ab
Testemunha	A 100,00 a	A 100,00 a
C.V. (%)	5,09	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Segundo Ruedell (2002), a ocorrência de orvalho é um fator a ser considerado no momento da aplicação de defensivos. Quando notada a presença de grande quantidade de orvalho nas primeiras horas da manhã, é preferível retardar a aplicação, evitando-se a diluição do tratamento fitossanitário aplicado. Além disso, a presença de orvalho, aumenta a perda da calda aplicada por escorrimento (ROMAN, 1999). A cortina de

correntes promove a prostração das plantas, de forma que haja escorrimento do orvalho antes da pulverização. Portanto, para aumentar a probabilidade de se obter sucesso nas aplicações de defensivos, todos esses fatores devem ser observados, porém, nenhum deles é tão importante quanto a umidade relativa do ar. Deve-se evitar aplicações em situações de umidade relativa do ar menor de 60%. Sendo a faixa ideal de 70 a 90% e a máxima, de 95% (VARGAS & GLEBER, 2005).

Para aplicações feitas com a barra auxiliada pela cortina de correntes, o tratamento 18hC apresentou a menor incidência da ferrugem no terço superior das plantas, não se diferenciando estatisticamente apenas do tratamento 15hC. Os tratamentos 6hC, 9hC, 12hC e 21hC não se diferenciaram entre si, no entanto, demonstraram menores valores de incidência da ferrugem que as parcelas não tratadas (Testemunha C) (Tabela 5).

É possível observar que a utilização da cortina de correntes nem sempre melhora a penetração de gotas no terço superior da planta. Em aplicações feitas através da barra com auxílio, a leve prostração do estrato superior da planta favorecendo a deposição de gotas no interior do dossel, pode desfavorecer a penetração no estrato superior. Segundo Prado (2012), a utilização de mecanismos de auxílio à barra proporciona maiores quantidades de depósitos na parte inferior e menores depósitos na parte superior das plantas de soja.

Quanto incidência da ferrugem no terço inferior das plantas, só houve diferenças em relação aos diferentes modelos de barra nos

horários das 9h e 18h (Tabela 5). Aplicações realizadas às 9h com auxílio à barra apresentaram menor incidência da ferrugem que aplicações realizadas no mesmo horário sem auxílio à barra. Entretanto, nas parcelas que receberam aplicações às 18h com auxílio à barra, houve maior incidência que nas parcelas pulverizadas no mesmo horário sem auxílio.

Dentre as aplicações feitas sem utilização da cortina de correntes, não houve diferenças significativas entre os tratamentos 6hS, 9hS, 12hS, 15hS, 21hS e a testemunha. Apesar de não se diferenciar dos tratamentos 6h, 9h, 12h e 15h, 18hS foi o único tratamento que se diferenciou da Testemunha S (Tabela 5).

Para aplicações com presença da cortina de correntes, os tratamentos 9hC e 15hC foram aqueles que apresentaram as menores incidências. No entanto, 15hC não se diferenciou estatisticamente de 6hC, 12hC, 18hC e 21hC (Tabela 5).

Na avaliação de incidência da ferrugem no terço médio das plantas, não foram encontradas diferenças significativas entre os modelos de barra. No entanto, houve diferenças significativas entre os horários para cada modelo de barra. Os valores demonstraram a importância da utilização da cortina de correntes nas aplicações feitas no primeiro horário (6h), tanto para a penetração de gotas no terço superior, como no terço médio das plantas. Nas aplicações feitas sem auxílio à barra, mais uma vez, a incidência da ferrugem do tratamento 6hS não se diferenciou da testemunha. Enquanto nas aplicações feitas com auxílio à barra, o

tratamento 6hC demonstrou menor incidência da ferrugem no terço médio em relação às parcelas sem tratamento (Tabela 6).

Tabela 6 - Incidência da ferrugem no terço médio das plantas, 15 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
6h	* ns 87,50 ab	80,00 b
9h	57,50 d	62,50 c
12h	67,50 cd	70,00 bc
15h	72,50 c	70,00 bc
18h	57,50 d	65,00 c
21h	75,00 bc	75,00 bc
Testemunha	95,00 a	100,00 a
C.V. (%)	5,10	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade de erro.

\* Não houve diferenças significativas entre aplicações feitas com ou sem auxílio à barra (F-teste 5% de probabilidade de erro).

Tanto nas aplicações sem quanto naquelas com a cortina de correntes, os horários das 9h e 18h foram aqueles que demonstraram as menores valores absolutos de incidência da ferrugem no terço médio. Apesar disso, os tratamentos 9hS e 18hS não se diferenciaram estatisticamente do tratamento 12hS, enquanto 9hC e 18hC não se diferenciaram de 12hC, 15hC e 21hC (Tabela 6).

Na avaliação do número de urédias/cm<sup>2</sup> nos terços superior, médio e inferior feita 15 dias após a segunda aplicação, quando as plantas estavam no estágio fenológico R4, houve interação entre os modelos de barra e horários de aplicação (Tabela 7).

Tabela 7 - Número de urédias de *Phakopsora pachyrhizi* por cm<sup>2</sup> nos terços superior, médio e inferior das plantas, 15 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
Terço superior		
6h	B 5,58 f	A 20,72 c
9h	B 10,25 de	A 27,75 b
12h	B 13,33 cd	A 21,92 c
15h	A 7,67 ef	A 9,17 e
18h	A 16,17 c	B 9,92 e
21h	A 19,92 b	B 17,00 d
Testemunha	A 36,83 a	A 37,17 a
C.V. (%)	8,48	
Terço médio		
6h	A 32,80 c	B 13,58 de
9h	B 29,25 cd	A 47,67 b
12h	A 43,25 b	B 15,50 d
15h	A 21,33 e	A 22,41 c
18h	A 18,33 e	B 7,91 e
21h	A 23,25 de	B 25,17 c
Testemunha	A 132,92 a	A134,85 a
C.V. (%)	7,24	
Terço inferior		
6h	A 64,39 b	B 21,00 e
9h	A 35,50 c	B 22,58 de
12h	A 34,66 c	A 31,08 cde
15h	A 41,58 c	A 35,33 bcd
18h	A 40,50 c	A 38,91 bc
21h	B 33,16 c	A 47,93 b
Testemunha	B115,00 a	A153,08 a
C.V. (%)	11,37	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Aplicações feitas nos horários das 6h, 9h e 12h sem auxílio à barra demonstraram menor número de urédias no terço superior das plantas, quando comparados às aplicações feitas no mesmo horário com a presença da cortina de correntes. No entanto, nas aplicações feitas às 18h e 21h com auxílio da cortina de correntes, as quantidades de urédias/cm<sup>2</sup> foram menores em comparação àquelas apresentadas a partir das aplicações feitas no mesmo horário sem auxílio à barra (18hS e 21hS). Para as aplicações sem auxílio à barra, os tratamentos 6hS e 15hS foram aqueles que apresentaram os menores números de urédias/cm<sup>2</sup> no terço superior. No entanto, o tratamento 15hS não se diferenciou estatisticamente de 9hS. 9hS também não se diferenciou estatisticamente de 12hS, o qual não se diferenciou estatisticamente de 18hS. Já o tratamento 21hS, foi aquele que apresentou o maior número de urédias/cm<sup>2</sup> no terço superior de plantas, se diferenciando estatisticamente da Testemunha S (Tabela 7).

Nas aplicações feitas com auxílio à barra, os tratamentos 15hC e 18hC foram aqueles que demonstraram os menores números de urédias/cm<sup>2</sup> no terço superior. 21hC demonstrou quantidade inferior a 6hC, 9hC e 12hC. As aplicações feitas às 9h com auxílio à barra foram aquelas que apresentaram o maior número de urédias/cm<sup>2</sup>, porém se diferenciaram da testemunha sem aplicação (Tabela 7).

Para o número de urédias no terço médio, aplicações feitas às 9h sem auxílio à barra apresentaram o menor número de urédias/cm<sup>2</sup> que aplicações feitas no mesmo horário com auxílio à barra. No entanto para

as aplicações feitas às 6h, 12h, 18h e 21h a utilização da cortina de correntes favoreceu a deposição do tratamento no terço médio das plantas, apresentando menores quantidades de urédias/cm<sup>2</sup> (Tabela 7).

Dentre as aplicações feitas sem auxílio à barra, os tratamentos 18hS e 18hS foram aqueles que apresentaram as menores quantidades de urédias/cm<sup>2</sup> no terço médio. No entanto, 18hS e 15hS não se diferenciaram significativamente de 21hS. O tratamento 9hS também não se diferenciou significativamente de 21hS; e 6hS não se diferenciou estatisticamente de 9hS. Todos os tratamentos feitos sem auxílio à barra se diferenciaram significativamente da Testemunha S (Tabela 7).

Para as aplicações feitas com auxílio à barra, os tratamentos 18hC e 6hC foram aqueles que demonstraram as menores quantidades, respectivamente, de urédias/cm<sup>2</sup> no terço médio. Apesar disso, 6hC não se diferenciou estatisticamente de 12hC. Os tratamentos 15hC e 21hC não se diferenciaram significativamente um do outro, sendo o tratamento 9hC aquele que apresentou o maior número de urédias/cm<sup>2</sup> no terço médio das plantas. Todos os tratamentos se diferenciaram da Testemunha C (Tabela 7).

Os dados apresentados na Tabela 7 para o número de urédias/cm<sup>2</sup> no terço médio das plantas, demonstram que a utilização da cortina de correntes favorece a deposição de gotas nos horários em que os trifólios superiores estão em posição mais próxima à horizontal (6h, 18h e 21h).

Para o número de urédias/cm<sup>2</sup> no terço inferior, a utilização da cortina de correntes melhorou a deposição do tratamento fitossanitário nas aplicações feitas às 6h e 9h em comparação àquelas realizadas nos mesmos horários sem auxílio à barra. No entanto, no horário das 21h, aplicações realizadas sem auxílio, demonstraram menor número de urédias que aquelas realizadas com a barra auxiliada pela cortina de correntes no mesmo horário (Tabela 7).

Para aplicações feitas sem auxílio à barra, não houve diferenças significativas entre os tratamentos 9hS, 12hS, 15hS, 18hS e 21hS. Mais uma vez, o tratamento 6hS foi aquele que apresentou maior número de urédias no terço inferior, sendo superado apenas pelas parcelas não tratadas (Testemunha S). Para as aplicações feitas com auxílio à barra, o tratamento 6hC foi aquele que demonstrou a menor quantidade de urédias/cm<sup>2</sup> no terço inferior, não se diferenciando estatisticamente dos tratamentos 9h e 12hC. 12hC também não se diferenciou estatisticamente dos tratamentos 15hC e 18hC. O tratamento 21hC foi o que demonstrou o maior número de urédias/cm<sup>2</sup> no terço inferior, sendo superado apenas pelas parcelas não tratadas (Testemunha C) (Tabela 7).

Para a avaliação foliolar de severidade de ferrugem, de acordo com a escala diagramática descrita por Godoy et al. (2006), não houve diferenças significativas de severidade nos terços superior e médio das plantas em função dos horários e auxílio à barra. Em ambas avaliações, os tratamentos só se diferenciaram das testemunhas sem aplicação (Tabela 8).

Tabela 8 - Severidade estimada (%) de *Phakopsora pachyrhizi* nos terços superior e médio das plantas, 15 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
Terço superior		
6h	* ns 1,02 b	0,62 b
9h	0,65 b	0,42 b
12h	0,55 b	0,62 b
15h	0,67 b	1,30 b
18h	0,52 b	0,37 b
21h	0,40 b	0,77 b
Testemunha	4,50 a	3,85 a
C.V. (%)	69,55	
Terço médio		
6h	* ns 3,77 b	2,85 b
9h	4,10 b	3,15 b
12h	1,75 b	1,55 b
15h	1,60 b	4,60 b
18h	1,82 b	1,30 b
21h	2,75 b	2,25 b
Testemunha	18,92 a	20,50 a
C.V. (%)	62,58	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade de erro.

\* ns - Não houve diferenças significativas entre aplicações feitas com ou sem auxílio à barra (F-teste a 5% de probabilidade de erro).

Já no terço inferior, aplicações feitas nos horários das 9h e 12h através da barra do pulverizador auxiliada pela cortina de correntes, demonstraram diminuição da severidade foliolar da ferrugem no terço inferior de plantas em 60,5% e 46,5%, respectivamente, em relação às aplicações sem auxílio à barra (Tabela 9).

Tabela 9 - Severidade estimada (%) de *Phakopsora pachyrhizi* no terço inferior das plantas, 15 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Ativa RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
6h	A 12,90 bc	A 7,67 b
9h	A 21,55 b	B 8,52 b
12h	A 15,15 bc	B 8,10 b
15h	A 7,00 c	A 11,42 b
18h	A 8,32 c	A 7,75 b
21h	A 14,90 bc	A 9,25 b
Testemunha	A 37,42 a	A 32,12 a
C.V. (%)	38,16	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Apesar de 6hC não se diferenciar estatisticamente do tratamento 6hS, é possível observar que a utilização da cortina de correntes favoreceu a deposição de gotas da pulverização no terço inferior das plantas de soja no primeiro horário de aplicação, horário em que os folíolos superiores encontram-se em posição horizontal em relação ao solo. Nas aplicações sem auxílio à barra, os tratamentos 15hS e 18hS demonstraram menores valores de severidade foliolar da doença no terço inferior das plantas. Apesar disso, os tratamentos 6hS, 12hS e 21hS não se diferenciaram estatisticamente dos mesmos (Tabela 9).

Na análise do índice de área foliar (IAF) para os terços superior e médio das plantas, só houve diferença significativa entre os modelos de barra nas aplicações realizadas às 6h, confirmando mais uma

vez, a importância da utilização da cortina de correntes em aplicações nas primeiras horas do dia. Já para os dados do IAF no terço inferior, a utilização de auxílio à barra prolongou o tempo de duração dos folíolos, através da melhor deposição de gotas no interior do dossel das plantas, nos horários das 12h, 18h e 21h . (Tabela 10).

Para os IAF's no terço superior das plantas, não houve diferenças significativas entre os horários nas aplicações realizadas sem auxílio à barra. Já para as aplicações feitas com auxílio, os tratamentos 6hC e 9hC foram aqueles que apresentaram os índices de área foliar (IAF's) mais elevados. No entanto, não se diferenciaram estatisticamente dos tratamentos 12hC, 15hC e 21hC. Já o tratamento 18hC, apesar de não se diferenciar estatisticamente de 12hC, 15hC e 21hC, foi aquele que apresentou o menor IAF, não se diferenciando estatisticamente da Testemunha C (Tabela 10).

Para os IAF's no terço médio das plantas, nas aplicações realizadas sem auxílio à barra, o tratamento 18hS foi aquele que apresentou maior IAF, sem se diferenciar porém, dos tratamentos 9hS, 12hS e 15hS. Também os tratamentos 6hS e 21hS não se diferenciaram de 9hS, 12hS e 15hS. Já nas aplicações realizadas através da barra auxiliada pela cortina de correntes, os tratamentos 12hC e 6hC foram aqueles que apresentaram os maiores IAF's. Não se diferenciando significativamente porém de 9hC e 15hC. Os tratamentos 18hC e 21hC apresentaram os menores IAF's. Para ambos os modelos de barra, todos os tratamentos se diferenciaram das Testemunhas S e C sem aplicação (Tabela 10).

Tabela 10 - Índice de área foliar dos terços superior, médio e inferior das plantas no estágio fenológico R5.6. Cultivar BMX Ativa RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
Terço superior		
6h	B 1,30 a	A 1,53 a
9h	A 1,28 a	A 1,55 a
12h	A 1,18 a	A 1,34 ab
15h	A 1,30 a	A 1,23 ab
18h	A 1,26 a	A 1,22 b
21h	A 1,33 a	A 1,39 ab
Testemunha	A 0,60 a	A 0,87 b
C.V. (%)	8,02	
Terço médio		
6h	B 1,23 b	A 1,71 a
9h	A 1,39 ab	A 1,54 ab
12h	A 1,33 ab	A 1,73 a
15h	A 1,41 ab	A 1,54 ab
18h	A 1,60 a	A 1,29 c
21h	A 1,29 b	A 1,30 bc
Testemunha	A 0,50 c	A 0,58 d
C.V. (%)	9,68	
Terço inferior		
6h	A 1,28 ab	A 1,30 ab
9h	A 1,46 a	B 1,06 c
12h	B 0,87 c	A 1,27 b
15h	A 1,37 ab	B 1,03 c
18h	B 0,96 c	A 1,38 ab
21h	B 1,13 bc	A 1,46 a
Testemunha	A 0,25 d	A 0,13 d
C.V. (%)	11,46	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para a avaliação do terço inferior das plantas, a partir de aplicações sem auxílio à barra, o horário das 9h demonstrou o maior IAF, não se diferenciando estatisticamente porém de 6hS e 15hS. Os horários das 12h e 18h foram aqueles que apresentaram os menores IAF's. Já para as aplicações feitas através da barra auxiliada pela cortina de correntes, os tratamentos 21hC, 18hC e 6hC foram aqueles que demonstraram os IAF mais elevados, respectivamente. No entanto, 18hC e 6hC, não se diferenciaram estatisticamente de 12hC. De forma análoga às aplicações realizadas sem auxílio à barra, os tratamentos 9hC e 15hC, foram aqueles que apresentaram menores IAF's. Todos os tratamentos, com e sem auxílio à barra, se diferenciaram das testemunhas - Testemunha S e Testemunha C (Tabela 10).

Da mesma forma que para a avaliação de severidade foliolar da doença, os dados de rendimento de sementes demonstraram a importância da utilização da cortina de correntes nas primeiras horas do dia, quando os folíolos superiores assumem posição horizontal em relação ao solo. A utilização de cortina de correntes nos horários das 6h e 9h induziu a diferenças significativas no rendimento de sementes em relação às parcelas que receberam o tratamento no mesmo horário, porém sem auxílio à barra. O tratamento 6hC superou o rendimento de sementes de 6hS em 334kg/ha e o tratamento 9hC superou 9hS em 237kg/ha (Tabela 11).

Tabela 11 - Rendimento de sementes (kg/ha) das parcelas colhidas separadamente, com unidade corrigida para 13%. Cultivar BMX Ativa RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
6h	B 3581 b	A 3915 a
9h	B 3996 a	A 4233 a
12h	A 4110 a	A 4051 a
15h	A 4085 a	A 4124 a
18h	A 4010 a	A 3923 a
21h	A 3946 a	A 4157 a
Testemunha	A 2918 c	A 2918 c
C.V. (%)	4,19	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Diferentemente dos dados de severidade foliolar da doença no terço inferior das plantas, aplicações feitas no horário das 12h sem auxílio à barra não se diferenciaram estatisticamente daquelas realizadas no mesmo horário através da barra auxiliada pela cortina de correntes. O tratamento 6hS, que apesar de apresentar o menor rendimento dentre as parcelas tratadas, superou o rendimento da Testemunha S em quase 23% . Já o tratamento 12hS, o qual apresentou o mais alto rendimento de sementes dentre as aplicações sem auxílio, superou o rendimento de sementes da testemunha em quase 41%. No entanto, 12hS não se diferenciou estatisticamente de 9hS, 15hS, 18hS e 21hS (Tabela 11).

Para as aplicações realizadas através da barra auxiliada pela cortina de correntes, o tratamento 9hC, apesar de não se diferenciar estatisticamente dos demais horários, superou o rendimento de sementes

da Testemunha C em 45%. Todos os horários se diferenciaram da Testemunha C (Tabela 11).

De modo geral, aplicações realizadas nos horários mais quentes do dia e de maior incidência solar (12h e 15h) não comprometeram a eficácia da aplicação de fungicidas para o controle da FAS, contradizendo os dados apresentados por Bonini (2003) em seu trabalho com horários de aplicação em Santa Maria/RS. Bonini observou que aplicações de fungicidas realizadas pela manhã são mais eficientes do que aquelas realizadas às 18h, sendo ambas superiores às aplicações realizadas nos horários mais quentes do dia.

Para a avaliação do peso de mil sementes, não foi encontrada interação entre modelos de barra e horários de aplicação. Tampouco houve diferença significativa entre os horários dentro de cada modelo da barra. Sem auxílio à barra os horários das 12h e 15h se diferenciaram da Testemunha S e com auxílio. Apenas o horário das 12h se diferenciou da Testemunha C (Tabela 12).

Tabela 12 - Peso de mil sementes (g) com valores de umidade corrigidos para 13%. Cultivar BMX Ativa RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
6h	* ns 176,6 ab	177,9 ab
9h	178,8 ab	182,0 ab
12h	185,1 a	183,8 a
15h	184,8 a	180,8 ab
18h	178,8 ab	177,0 ab
21h	181,8 ab	178,8 ab
Testemunha	136,3 b	134,3 b
C.V. (%)	12,74	

\* ns - Não houve diferenças significativas entre aplicações feitas com ou sem auxílio à barra (F-teste a 5% de probabilidade de erro).

Em nosso ensaio foi possível notar que a utilização da cortina de correntes melhorou a eficácia da aplicação dos tratamentos nos horários do dia em que os folíolos superiores assumem posição próxima à horizontal - às 6h, 9h e 21h.

No horário do dia, em que na maioria das vezes tem-se a mais elevada temperatura aliada à menor umidade relativa do ar, ocorrendo dessa forma a prostração natural dos folíolos de soja, obtém-se melhores resultados nas aplicações para controle da FAS sem auxílio à barra. Todas as aplicações realizadas nesse ensaio confirmaram o aumento da eficácia das aplicações feitas às 6h, na presença de grande ou moderada quantidade de orvalho, com a barra do pulverizador auxiliada pela cortina de correntes.

Com a utilização dos cartões sensíveis na entrelinha de plantio, ficou possível observar o volume de calda aplicada que atingiu a superfície do solo (L/ha), o número médio de impactos (impactos/cm<sup>2</sup>) e o diâmetro médio dos mesmos. Podendo assumir dessa forma, que esses valores estão próximos daquilo que ocorre nas folhas das plantas de soja mais próximas ao solo (Quadro 2).

Quadro 2 - Quantidade de impactos/cm<sup>2</sup> e diâmetro volumétrico do impacto de gotas (DMV) em  $\mu\text{m}$  obtidos através da utilização de cartões sensíveis durante as três aplicações. Cultivar BMX Ativa RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Tratamento	R2		R4		R5.4	
	impactos/ cm <sup>2</sup>	DMV	impactos/ cm <sup>2</sup>	DMV	impactos/ cm <sup>2</sup>	DMV
6hN	45	106,0	12	273,3	10	267,5
6hC	59	252,2	25	335,6	38	435,4
9hN	44	462,5	11	366,0	6	406,8
9hC	50	207,2	20	364,3	31	381,1
12hN	34	438,8	12	230,5	14	149,4
12hC	36	262,4	23	344,7	18	305,5
15hN	58	293,8	16	199,7	24	351,4
15hC	61	241,8	29	367,2	32	330,5
18hN	26	231,2	5	987,5	11	186,2
18hC	40	257,2	18	456,3	35	262,1
21hN	17	291,9	18	370,2	21	591,4
21hC	36	276,6	43	276,5	56	290,4

O Quadro 2 relata a diferença da penetração de gotas no interior do dossel das plantas nas aplicações feitas através da barra do pulverizador auxiliada pela cortina de correntes nos diferentes horários do

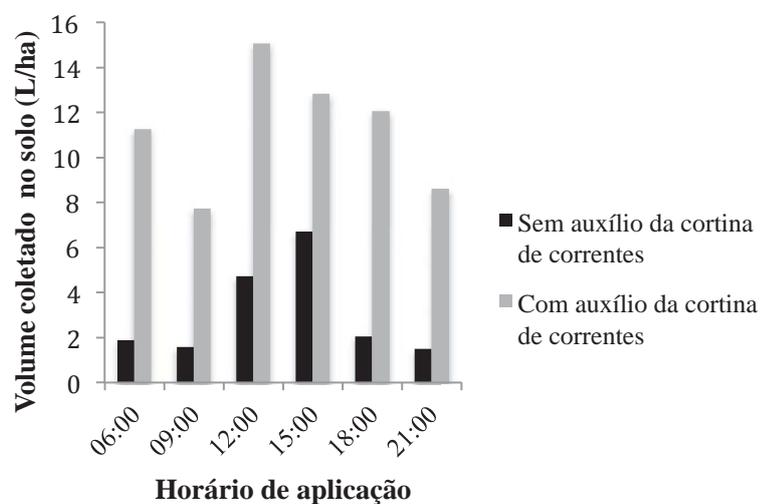
dia e estádios fenológicos da planta, em relação às aplicações realizadas com a barra sem auxílio.

Houve aumento na deposição de impactos/cm<sup>2</sup> em todas as aplicações feitas através da barra auxiliada pela cortina de correntes, quando comparadas com aplicações sem auxílio. Em R2, quando as plantas ainda apresentavam IAF de 5,09, a diferença percentual entre o número de impactos nas aplicações feitas com ou sem auxílio à barra foram mais brandas. No entanto, em R4 quando o IAF era de 7,53, houve maior diferenciação na deposição de gotas entre aplicações feitas através da barra auxiliada pela cortina de correntes em todos os horários, quando comparadas com aplicações feitas nos mesmos horários, porém sem auxílio à barra (Quadro 2).

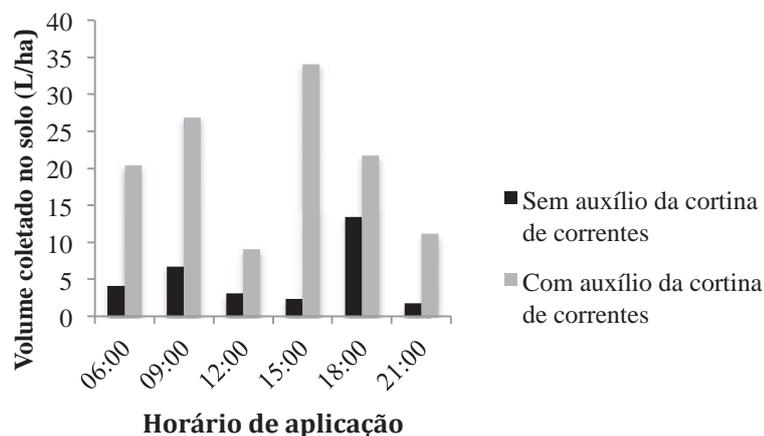
Houve menor diferença no número de impactos/cm<sup>2</sup> entre aplicações feitas com ou sem auxílio à barra às 12h - horário em que os trifólios superiores assumem posição vertical em relação à superfície do solo. Além disso, houve maior homogeneidade no diâmetro médio volumétrico de impactos de gotas (DMV) durante as aplicações feitas com a barra auxiliada pela cortina de correntes. O mesmo ocorreu em R5.4 (IAF = 4,19), no entanto, devido a senescência de folíolos do terço inferior, a amplitude da diferença foi menor (Quadro 2).

As imagens dos cartões sensíveis utilizados na segunda aplicação (R4) estão apresentadas no apêndice I.

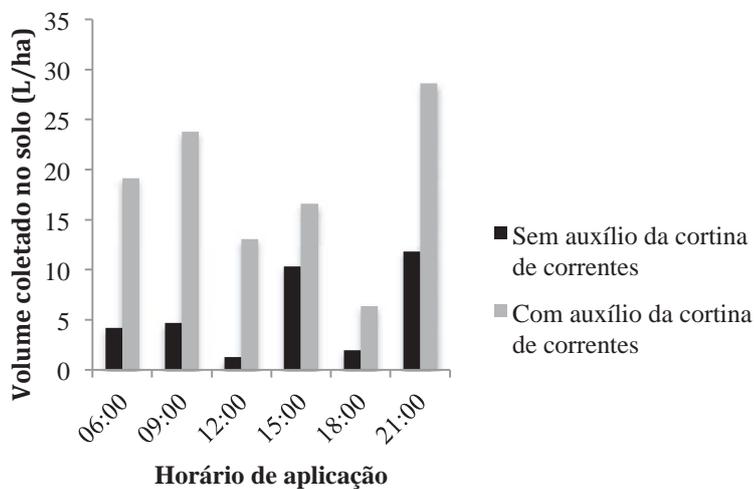
Verificou-se maior deposição de calda no solo em todas as aplicações realizadas com auxílio à barra quando comparadas com aplicações realizadas sem auxílio (Figuras 8, 9 e 10).



**Figura 8** - Volume estimado de gotas coletado na entrelinha de plantio ao nível do solo (L/ha), a partir das aplicações realizadas no estágio fenológico R2. Valores obtidos pelo programa CIR1.5®.



**Figura 9** - Volume estimado de gotas coletado na entrelinha de plantio ao nível do solo (L/ha), a partir das aplicações realizadas no estágio fenológico R4. Valores obtidos pelo programa CIR1.5®



**Figura 10** - Volume estimado de gotas (L/ha) coletado na entrelinha de plantio ao nível do solo, a partir das aplicações realizadas no estágio fenológico R5.4. Valores obtidos pelo programa CIR1.5®

#### 4 CONCLUSÕES

O horário de aplicação e o dispositivo de auxílio à barra interferem na eficácia de aplicação de fungicidas em soja, sendo que existem interações entre esses dois fatores.

Os maiores benefícios do auxílio à barra de pulverização pela cortina de correntes são obtidos nas aplicações realizadas no início da manhã, quando há presença de orvalho em abundância e o terço superior das plantas assume posição horizontal em relação ao solo.

A utilização da cortina de correntes não interfere na eficácia da pulverização de fungicida no terço superior das plantas.

Aplicações realizadas nas primeiras horas do dia sem auxílio à barra, resultam em menor deposição do tratamento nos terços médio e inferior das plantas de soja.

Aplicações de fungicidas para o manejo da ferrugem-asiática da soja realizadas às 12h e 15h, não diferem quanto à utilização ou não de auxílio à barra.

A utilização da cortina de correntes beneficia a deposição de gotas no terço inferior das plantas em todos os horários testados.

## CAPÍTULO II

### CONTROLE QUÍMICO DE FERRUGEM-ASIÁTICA EM SOJA DE CRESCIMENTO INDETERMINADO EM FUNÇÃO DOS HORÁRIOS DE PULVERIZAÇÃO E AUXÍLIO À BARRA

BIANCA DE MOURA<sup>1</sup>

**RESUMO** - Em pulverizações de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja [*Glycine max* (L.) Merrill], devem-se adotar técnicas de aplicação que promovam adequada cobertura do dossel da planta, com especial atenção às folhas do terço inferior das plantas. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficácia em aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja de ciclo superprecoce e hábito de crescimento indeterminado, em diferentes horários do dia, com e sem a utilização de um dispositivo de auxílio à barra do pulverizador. No campo experimental da FAMV/UPF, plantas de soja da cultivar BMX Veloz RR receberam duas aplicações do tratamento azoxistrobina 60 g i.a./ha + benzovindiflupir 30 g i.a./ha nos estádios fenológicos R3 e R5.4. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial 2 x 7 (dois modelos de barra - com e sem auxílio de

---

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia - bibamoura@hotmail.com

uma cortina de correntes x seis horários de aplicação + uma testemunha sem aplicação). Quinze dias após a primeira aplicação foram avaliadas a incidência foliolar e o número de urédias de *P. pachyrhizi* por cm<sup>2</sup> em cada terço das plantas. No final do ciclo, as parcelas foram colhidas separadamente para avaliação do rendimento de sementes. A utilização da cortina de correntes beneficiou a deposição de gotas da calda fitossanitária nos terços médio e inferior das plantas nas aplicações realizadas nos primeiros horários do dia. Em todos os tratamentos, as aplicações do fungicida proporcionaram rendimentos de sementes significativamente superiores aos obtidos na testemunha. O rendimento de sementes a partir de aplicações realizadas às 12h, com ou sem auxílio à barra, superou o valor das testemunhas em 785 kg/ha. Exceto nas primeiras horas do dia, a arquitetura das plantas não dificultou a penetração de gotas do tratamento fitossanitário no dossel das plantas, mesmo nas aplicações sem auxílio à barra de pulverização.

**Palavras-chave:** *Phakopsora pachyrhizi*, cortina de correntes, eficácia, penetração, arquitetura de plantas.

**CHEMICAL CONTROL OF ASIAN RUST FOR  
INDETERMINATE GROWTH SOYBEAN IN RESPONSE TO  
TIME OF APPLICATION AND AN AUXILIARY SPRAY BAR**

**ABSTRACT** - Fungicide sprays to control Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* (L.) Merrill) should adopt techniques of application that promote adequate plant canopy coverage, with special attention to the lower third part of the plants. The aim of this study was to evaluate the efficacy of fungicide application to control Asian soybean rust in an early maturity indeterminate growth cultivar, at different times of day, and with or without the use of the spray bar auxiliary. In the experimental field of FAMV/UPF, the cultivar BMX Veloz RR received two applications of the azoxystrobin 60 g a.i./ha + benzovindiflupyr 30 g a.i./ha treatment in R3 and R5.4 growth stages. A randomized complete block designed with three repetitions and a 2 x 7 factorial scheme (two bar models - with and without the auxiliary of the curtain of chains x six application times + the check without application) was used. Fifteen days after the first application, the rust foliar incidence and the number of *P. pachyrhizi* uredias per cm<sup>2</sup> were evaluated for the lower, middle and upper thirds of the plants. At the end of the cycle, the plots were combined separately to evaluate seed yield. Usage of the curtain of chains benefited the treatment droplets deposition in the middle and lower thirds of the plant canopy during the early hours of the day sprays. In all treatments, fungicide applications provided seed yield greater than those

obtained in the control. The seed yield from applications made at 12:00 pm, with or without an auxiliary bar, exceeded the control value by 785 kg/ha. The plant architecture did not impede the fungicide droplets treatment to penetrate the plant canopy at all times of application, except for early morning hours, dispensing the need to add the auxiliary to the spray bar.

**Key words:** *Phakopsora pachyrhizi*, curtain of chains, efficacy, penetration, plants architecture.

## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é o principal item de exportação brasileira, tendo significativa participação no Produto Interno Bruto (PIB) nacional. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), a cultura da soja participa com 29,7% da balança comercial do agronegócio brasileiro. Além da importante participação no PIB, a soja foi o grande destaque na safra 2012/2013, apresentando aumento de 23,7% na produção decorrente de 10,8% de expansão da área cultivada, revelando dessa forma crescimento em produtividade.

Dentre os fatores que limitam a obtenção de produtividade de sementes, como a ocorrência de estiagens e temperaturas desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura, a ferrugem-asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow assume papel importante. Trata-se da doença mais destrutiva da cultura, cujos danos podem superar 75% da produção (YORINORI, 2002). Além disso, os esporos do fungo podem ser facilmente disseminados a longas distâncias através de correntes de vento, facilitando sua propagação e ocorrência de áreas epidêmicas.

No Brasil, devido às condições climáticas favoráveis e extensão da área agricultável, é possível cultivar-se soja o ano inteiro, disponibilizando dessa forma hospedeiros para a manutenção constante do inóculo de ferrugem. Em decorrência dessa alta pressão da doença, nos

últimos anos tem-se aumentado o plantio de cultivares precoces e superprecores como medida de controle (escape) da ferrugem da soja (GODOY et al., 2007). O reflexo disso é a antecipação da semeadura de um número crescente de cultivares precoces, possibilitando a colheita muitas vezes antes do início de epidemias em áreas vizinhas. Em situações que não permitem o completo escape da cultura à infecção pela doença (maior parte da área produtora de soja do Brasil), a aplicação de fungicidas aparece como uma das estratégias mais eficazes de controle da ferrugem-asiática da soja.

O controle químico de *P. pachyrhizi* teve início no Brasil na safra agrícola de 2002/2003 (REIS et al., 2014) e desde então, têm-se mantido aplicações de fungicidas em todos os Estados produtores de soja.

A eficácia da aplicação do tratamento fitossanitário está atrelada à utilização adequada da tecnologia de aplicação e condições atmosféricas favoráveis. Fatores ambientais, como velocidade do vento, temperatura atmosférica e umidade relativa do ar, podem auxiliar ou prejudicar a deposição dos produtos fitossanitários sobre os seus alvos no momento da pulverização (ANTUNIASSI, 2012). Esses também atuam na absorção e translocação do tratamento fitossanitário no interior das plantas, facilitando ou dificultando a sua chegada nos órgãos onde deverão atuar (BOLLER et al., 2011).

Aplicações de fungicidas em soja, para o controle de oídio, realizadas nas horas mais quentes do dia e sob umidade relativa do ar abaixo de 55%, demonstram redução significativa na eficácia dos

tratamentos quando comparadas às aplicações realizadas no início da manhã e ao final da tarde (BOLLER et al., 2003 e BONINI, 2003). No entanto, a presença de orvalho nas primeiras horas da manhã pode causar escorrimento da calda fungicida pulverizada, o que leva a perda de eficiência do controle de doenças em soja (RUEDELL, 2002).

Além dos fatores atmosféricos, as plantas de soja durante a fase reprodutiva apresentam mudanças reversíveis da angulação foliar. Esse fenômeno (heliotropismo) é uma resposta ativa da planta em direção à radiação solar (EHLERINGER & FORSETH, 1980). Nas primeiras horas do dia, as folhas de soja assumem posição horizontal em relação à superfície do solo e nos horários de máxima radiação solar, as folhas se posicionam verticalmente em relação ao solo, retornando à posição horizontal no final do dia. Portanto, em horários de menor incidência solar, as folhas do terço superior das plantas podem constituir uma barreira física contra a penetração de gotas das pulverizações no interior do dossel da cultura (BOLLER et al., 2011).

Outro fator que interfere diretamente na qualidade da aplicação do tratamento fitossanitário é a arquitetura das plantas. A arquitetura de plantas é representada pelo conjunto: estatura de plantas, número de ramos por planta e índice de área foliar (IAF). De acordo com Debortoli (2011) a arquitetura de plantas de soja exerce efeito significativo na cobertura e penetração de gotas do tratamento fitossanitário. Quanto maior o IAF, maior a dificuldade de penetração da calda pulverizada em todo o dossel da planta.

Plantas com inserção de ramos plagiotrópicos e folhas orientadas horizontalmente são mais capazes de reter as gotas de pulverização em sua porção superior, quando comparadas com plantas que possuem inserção de ramos e folhas orientados mais verticalmente (BACHE, 1985; SPILLMAN, 1984). Além da angulação da inserção de ramos e folhas, a deposição da calda no interior do dossel depende da quantidade e tamanho de folhas que estão no caminho das gotas.

O uso de mecanismos auxiliares à barra do pulverizador melhora a deposição de gotas no interior da planta (OZKAN et al., 2006). A cortina de correntes é uma ferramenta de auxílio à abertura do dossel das plantas. É formada a partir de um conjunto de correntes dispostas na barra de pulverização, as quais inclinam as plantas a partir do movimento da máquina. As plantas se prostram no sentido do deslocamento do trator, permitindo maior deposição de gotas nos estratos inferiores (WITT et al., 2009).

O presente trabalho objetivou verificar os resultados dentre aplicações de fungicidas para o controle de *P. pachyrhizi* em diferentes horas do dia, utilizando a barra de pulverização com e sem auxílio de uma cortina de correntes, em soja superprecoce de crescimento indeterminado, (formato de conífera).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no campo experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (FAMV/UPF). A área está situada à altitude de 687 metros, latitude 28° 23' S e Longitude 52° 38' O. A região apresenta clima subtropical úmido, com chuvas em todos os meses do ano, sendo a média total anual de 1.788 mm. A média de temperatura nos meses mais frios é de 12 °C e, 22 °C nos meses mais quentes (EMBRAPA TRIGO, 2013).

Sementes da cultivar BMX Veloz RR foram semeadas no dia 19 de novembro de 2013, com população final regulada para 320.000 plantas/ha. Trata-se de uma cultivar superprecoce, de porte médio, grupo de maturação 5.0, com peso médio de mil sementes de 172 g, flores de cor roxa, pubescência marrom-claro e hilo preto. É um material de alta exigência em fertilidade do solo, alto potencial produtivo e que possui resistência ao acamamento. A cultivar BMX Veloz RR apresenta sanidade de raiz, resistência ao cancro da haste e resistência moderada a mancha olho de rã e pústula bacteriana (BRASMAX SOJA, 2014). É uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado que apresenta elevada ramificação com presença de folhas estreitas, sendo as folhas do terço superior menores que as folhas dos terços subsequentes. Além disso, apresenta distribuição homogênea do número e comprimento de ramos, folhas e vagens em todos os terços da planta.

Cada parcela experimental foi composta por sete linhas de semeadura, com 12,5 metros de comprimento, distanciadas 0,45 m entre si. A primeira e a sétima linhas serviram de bordaduras, a segunda e a sexta linhas foram usadas para a avaliação da incidência de ferrugem e contagem do número de urédias/cm<sup>2</sup> e as três linhas centrais foram colhidas para a avaliação do rendimento e peso de mil sementes.

No dia 9 de janeiro de 2014, quando as plantas estavam no estágio fenológico R1 - R2 (início do florescimento - florescimento pleno) (FEHR & CAVINESS, 1977), foi feita uma aplicação em área total para o controle de oídio (*Microspheera diffusa* Cooke & Peck), percevejos marrom e da soja, lagartas da soja, falsa-medideira e helicoverpa e diabrotica juntamente com o herbicida glifosato. Em um volume de calda de 100 L/ha foram aplicados 2,0 litros de glifosato (360g/L), acrescidos de 150 mL de propiconazol (250 g/L) + difenoconazol (250 g/L) e 100 mL de lambda-cialotrina (50g/L) + clorantraniliprole (L) com 600 mL do óleo mineral Nimbus<sup>®</sup> (428 g/L).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso (DBC), com três repetições por tratamento, em arranjo fatorial 2 x 7 (dois modelos de barra - com e sem auxílio de uma cortina de correntes e seis horários de pulverização + uma testemunha sem aplicação), (Tabela 1).

Para o monitoramento do início da infecção pela ferrugem, foram colhidas amostras de folhas dos terços inferior e médio das plantas com intervalo de dois dias. As amostras foram levadas para o laboratório para a detecção do início da infecção através de microscópio

estereoscópico da marca Zeiss, modelo Stemi 2000 - C. A primeira detecção da infecção ocorreu no dia 21 de janeiro de 2014, quando havia 8% de incidência foliolar da ferrugem nas plantas presentes no ensaio. Dessa forma, no dia 22 de janeiro foi realizada a primeira aplicação (Tabela 1), sendo a segunda realizada após 25 dias. A calda fitossanitária pulverizada em cada uma das aplicações, com exceção da Testemunha isenta de aplicação, foi composta pelo fungicida azoxistrobina 60 g i.a./ha + benzovindiflupir 30 g i.a./ha, acrescido de 600 mL/ha do óleo mineral Nimbus® (428 g/L) com 50 mL/ha de espalhante adesivo siliconado.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos aplicados nos estádios fenológicos R3 e R5.4 em função da utilização da barra do pulverizador auxilia ou não pela cortina de correntes. Ensaio com soja BMX Veloz RR. UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos da barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
6h	6hS*	6hC**
9h	9hS	9hC
12h	12hS	12hC
15h	15hS	15hC
18h	18hS	18hC
21h	21hS	21hC
Testemunha sem aplicação	Testemunha S	Testemunha C

\* A letra S, seguida do horário de aplicação, representa as aplicações realizadas sem auxílio à barra.

\*\* A letra C, seguida do horário de aplicação, representa as aplicações realizadas através da barra auxiliada pela cortina de correntes.

Na primeira aplicação dos tratamentos as plantas estavam no estágio fenológico R3 - início da formação de vagens (FEHR & CAVINESS, 1977). Na segunda aplicação, realizada 25 dias após a

primeira, as plantas estavam do estágio fenológico R5.4 - fase de enchimento de sementes com granação de 51 a 75% (RITCHIE et al.,1977). Para a primeira pulverização (plantas em R3), o conjunto trator/pulverizador movimentou-se na velocidade de 6,5 km/h, de forma a pulverizar 100 L de calda/ha. E na segunda pulverização (R5.4), a velocidade de trabalho do conjunto foi de 5,4 km/h, assegurando volume de calda de 120 L/ha. Nas aplicações foram utilizadas pontas de pulverização de jato plano de impacto da série Teejet® TT110015, as quais produziram gotas de categoria média (ASAE, 2000), sob pressão de trabalho de 2,5 bar (250 kPa).

Quando as plantas de soja se encontravam no estágio fenológico R4 - vagem completamente desenvolvida (FEHR & CAVINESS, 1977) foi realizada a contagem do número de plantas por metro, estimando-se dessa forma a população final. Dentre 50 amostragens, o número médio de plantas por metro foi de 12,3, correspondendo à estimativa de uma população final de 273.333 plantas/ha.

Um dia antes de cada pulverização, foi quantificado o índice de área foliar (IAF) baseado na média de 15 plantas amostradas aleatoriamente. Em R3, antes da primeira aplicação, o IAF foi de 6,49, do qual 3,28 correspondia ao IAF do terço superior, representando apenas 50,5% do IAF total. Os outros 49,5% estiveram igualmente distribuídos entre os terços médio e inferior. Já no estágio fenológico R5.4, o índice área foliar foi de 5,03, em que 37,88% se concentrou no

terço superior, 37,47 % no terço médio e 24,65% no terço inferior. Confirmando dessa forma a homogeneidade de distribuição de área foliar por terço na cultivar BMX Veloz RR. Também foi mensurada a estatura das plantas, baseada na média de uma amostra com 50 plantas. Em R3 a estatura média de plantas foi de 0,78 m, chegando a 0,96 m em R5.4.

As condições atmosféricas foram monitoradas por meio de um anemômetro portátil modelo AVM-40 (Kestrel® 4000), sendo determinadas a velocidade do vento, temperatura atmosférica e umidade relativa do ar em cada um dos horários durante as aplicações (Quadro 1).

Quadro 1 - Condições atmosféricas durante cada horário nas aplicações dos tratamentos fitossanitários. BMX Veloz RR, estádios fenológicos R3 e R5.4. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	R3			R5.4		
	*vel. (km/h)	T °C	% UR	vel. (km/h)	T °C	% UR
6h	8,0	21,0	83,0	6,0	14,3	80,0
9h	6,6	25,0	77,0	6,4	20,2	70,5
12h	5,8	34,0	60,0	5,3	22,5	64,8
15h	6,0	32,0	59,0	3,8	28,0	57,0
18h	1,5	33,4	52,5	2,8	26,4	60,4
21h	2,5	26,4	71,0	1,9	23,2	62,8
Testemunha	sem aplicação de fungicida					

\* Valores referentes à velocidade do vento (vel.) em km/h, temperatura do ar (T °C) e percentual de umidade relativa do ar (% UR).

Quinze dias após a primeira aplicação, foram feitas amostragens a campo para avaliação de incidência foliolar e quantificação do número de urédias/cm<sup>2</sup>. Foram coletados três trifólios de cada terço da planta (superior, médio e inferior) de plantas presentes na segunda e sexta linhas de plantio, totalizando dessa forma, seis trifólios por terço. Até a

avaliação, o material amostrado foi armazenado em sacos plásticos mantidos em geladeira sob temperatura de 10 °C evitando a necrose do material vegetal. Três folhas de cada terço, para cada um dos tratamentos, foram divididas em quadrantes, nos quais se fez a contagem do número de urédias em  $1/4 \text{ cm}^2$ , totalizando dessa forma  $1,0 \text{ cm}^2$ .

A avaliação da incidência foi feita com auxílio de um microscópio estereoscópico da marca Zeiss, modelo Stemi 2000 - C, sendo o aumento ajustado de forma a fornecer imagem nítida. Já a quantificação do número de urédias/ $\text{cm}^2$ , foi realizada através microscópio óptico, utilizando a objetiva de 40 aumentos.

No final do ciclo da cultura, quarenta dias após a segunda aplicação, as linhas centrais (terceira, quarta e quinta linhas) foram colhidas para a estimativa da produção e do peso de mil sementes, cujos valores foram corrigidos para umidade de 13%.

Procedeu-se a análise de variância (ANOVA) para todos os dados obtidos (F-Teste a 5 % de probabilidade de erro), verificando dessa forma a existência ou não de diferenças entre os tratamentos. Havendo diferenças significativas entre as médias, estas foram comparadas pelo teste de comparação de médias de Tukey, com 5 % de probabilidade de erro. Na presença de interação entre os fatores modelos de barra e horários de aplicação, os dados para os terços superior, médio e inferior foram apresentados em uma única tabela. Não havendo, os dados foram apresentados em tabelas isoladas para cada terço das plantas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a primeira avaliação de incidência foliolar da ferrugem no terço superior, feita 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos, não houve diferenças significativas entre os horários de aplicação e a utilização da barra com ou sem auxílio da cortina de correntes. A média do número de urédias/cm<sup>2</sup> nas parcelas que receberam a aplicação do fungicida foi de 1,08, enquanto a média das testemunhas sem aplicação foi de 1,67 urédias/cm<sup>2</sup>.

Já para os dados de incidência nos terços médio e inferior das plantas, houve diferenças entre horários e modelos de barra (Tabela 2). Nas aplicações realizadas nos primeiros horários da manhã (6h e 9h), quando os trifólios do terço superior das plantas assumem posição horizontal em relação ao solo e havia presença de orvalho em abundância (Figura 2), a utilização da cortina de correntes beneficiou a deposição de gotas no terço médio das plantas.



**Figura 1** - Soja cultivar BMX Veloz RR às 6h - presença de orvalho. Foto: Moura, B.

Segundo Ruedell (2002), a ocorrência de orvalho é um fator a ser considerado no momento da aplicação de defensivos. Quando notada a presença de grande quantidade de orvalho nas primeiras horas da manhã, é preferível retardar a aplicação, evitando-se a diluição do tratamento fitossanitário aplicado. Além disso, a presença de orvalho, pode aumentar a perda da calda pulverizada por escorrimento.

Tabela 2 - Incidência da ferrugem nos terços médio e inferior das plantas, 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Veloz RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
	Terço médio	
6h	A 70,00 ab	B 33,30 d
9h	A 80,00 a	B 43,30 cd
12h	A 70,00 ab	A 73,30 a
15h	A 70,00 ab	A 66,70 ab
18h	B 36,70 c	A 53,30 bc
21h	B 33,30 c	A 53,30 bc
Testemunha	A 60,00 b	A 50,00 bcd
C.V. (%)	11,98	
	Terço inferior	
6h	A 93,33 a	B 56,70 d
9h	A 90,00 ab	B 76,70 bc
12h	A 73,30 c	A 76,70 bc
15h	B 76,70 bc	A 86,70 ab
18h	A 76,70 bc	A 70,00 cd
21h	A 93,30 a	B 60,00 d
Testemunha	A 93,30 a	A 93,30 a
C.V. (%)	9,83	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para a avaliação do terço médio, as aplicações realizadas sem a presença da cortina de correntes nos horários das 18h e 21h (tratamentos aplicados sob condições de vento de baixa velocidade) apresentaram menores valores de incidência da ferrugem, confirmando melhor deposição de gotas no terço médio das plantas. Para aquelas realizadas às 12h e 15h - tanto com, quanto sem auxílio à barra - não foram encontradas diferenças significativas (Tabela 2).

Nas aplicações realizadas com auxílio à barra, com exceção do tratamento 12hC, nenhum dos tratamentos se diferenciou significativamente da testemunha. Sendo que 12hC, apresentou incidência no terço médio das plantas superior a incidência das parcelas sem aplicação (Testemunha C) (Tabela 2).

Para a avaliação da incidência da ferrugem no terço inferior das plantas, as aplicações realizadas através da barra do pulverizador auxiliada pela cortina de correntes nos primeiros horários da manhã, às 6h e 9h e no horário das 21h, quando os trifólios do terço superior das plantas assumem posição horizontal em relação ao solo, demonstraram menores valores de incidência que aplicações feitas nos mesmos horários sem auxílio à barra. Já para aplicações realizadas sem auxílio à barra do pulverizador, o horário das 15h demonstrou menor incidência da ferrugem no terço inferior das plantas que aplicações feitas no mesmo horário com auxílio à barra (Tabela 2).

Para pulverizações feitas sem a presença da cortina de correntes, aplicações realizadas às 12h, quando as folhas do terço

superior assumem posição vertical em relação ao solo facilitando a penetração de gotas no dossel da planta (BOLLER, et al., 2013) foi aquele que apresentou o menor valor de incidência. No entanto 12hS não se diferenciou estatisticamente dos tratamentos 15hS e 18hS. As pulverizações realizadas sem auxílio à barra (Tabela 2) nos horários de menor incidência solar, 6h e 9h, e na ausência de Sol, às 21h, resultaram em maior incidência de ferrugem no terço inferior das plantas.

Nas aplicações feitas com auxílio à barra, os tratamentos 6hC, 21hC e 18hC foram aqueles que apresentaram os menores valores da incidência da ferrugem no terço inferior das plantas, no entanto 18hC não se diferenciou estatisticamente de 9hC e 12hC. Apesar de não se diferenciar estatisticamente dos tratamentos 9hC e 12hC, o tratamento 15hC foi aquele que apresentou a maior incidência da doença, não se diferenciando estatisticamente da testemunha sem aplicação (Testemunha C) (Tabela 2).

Para a avaliação do número de urédias/cm<sup>2</sup> nos terços superior, médio e inferior das plantas, realizada 15 dias após a primeira aplicação, houve interação entre os horários de aplicação e diferentes modelos de barra - com ou sem auxílio da cortina de correntes (Tabela 3).

Tabela 3 - Número de urédias de *Phakopsora pachyrhizi* por cm<sup>2</sup> nos terços superior, médio e inferior das plantas, 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. Cultivar BMX Veloz RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
Terço superior		
6h	B 0,13 b	A 0,83 cd
9h	A 0,17 b	A 0,60 d
12h	B 0,60 b	A 1,30 cd
15h	B 0,77 b	A 2,27 b
18h	B 0,50 b	A 1,57 bc
21h	B 0,50 b	A 1,57 bc
Testemunha	A 4,90 a	A 5,47 a
C.V. (%)	20,10	
Terço médio		
6h	A 3,88 bc	A 3,38 b
9h	A 4,22 b	A 4,44 b
12h	A 3,16 bc	A 2,83 b
15h	A 3,94 bc	B 2,56 b
18h	A 1,94 c	A 2,59 b
21h	A 1,94 c	A 3,00 b
Testemunha	A 9,22 a	A 8,33 a
C.V. (%)	20,84	
Terço inferior		
6h	A 5,87 b	B 3,50 bc
9h	A 5,40 bc	B 3,13 bc
12h	A 4,63 bc	A 5,40 b
15h	A 4,83 bc	A 5,57 b
18h	A 3,50 cd	A 2,33 c
21h	A 2,50 d	A 4,06 bc
Testemunha	A 10,23 a	A 11,10 a
C.V. (%)	15,88	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Com exceção do horário das 9h, a presença de auxílio à barra, desfavoreceu a deposição de gotas no terço superior das plantas do tratamento fitossanitário em todos os horários. A utilização de mecanismos de auxílio à barra proporciona maiores quantidades de depósitos na parte inferior e menores depósitos na parte superior das plantas de soja (PRADO, 2012).

Ainda nas aplicações realizadas com a barra assistida pela cortina de correntes, os tratamentos 9hC, 6hC e 12hC demonstraram o menor número de urédias/cm<sup>2</sup> no terço superior, no entanto, 6hC e 12hC não se diferenciaram estatisticamente de 18hC e 21hC. Apesar de não se diferenciar estatisticamente de 18hC e 21hC, o tratamento 15hC foi aquele que apresentou o maior número de urédias/cm<sup>2</sup> no terço superior das plantas, no entanto, 15hC se diferenciou estatisticamente da testemunha sem tratamento (Tabela 3).

Para a avaliação do número de urédias/cm<sup>2</sup> no terço superior das plantas a partir das aplicações realizadas sem assistência à barra, não foram encontradas diferenças significativas entre os horários de aplicação. Porém, todas as parcelas tratadas se diferenciaram estatisticamente da testemunha sem aplicação (Testemunha S) (Tabela 3).

Na quantificação do número de urédias no terço médio das plantas, somente houve diferença significativa entre a utilização ou não de auxílio à barra nas aplicações realizadas às 15h. Os resultados das aplicações feitas sem auxílio à barra demonstraram que a partir das pulverizações realizadas nos horários das 18h e 21h, em que havia vento

de baixa velocidade (1,5 e 2,5 km/h), pode-se obter menor número de urédias no terço médio das plantas. No entanto, os tratamentos 18hS e 21hS, não se diferenciaram significativamente dos tratamentos 6hS, 12hS e 15hS (Tabela 3).

Para as aplicações realizadas com a barra do pulverizador auxiliada pela cortina de correntes, não foram encontradas diferenças significativas no número de urédias/cm<sup>2</sup> no terço médio entre os diferentes horários. Todos os tratamentos se diferenciaram estatisticamente da testemunha sem aplicação (Tabela 3).

Na avaliação do número de urédias/cm<sup>2</sup> no terço inferior, da mesma forma que para a avaliação da incidência da ferrugem no terço inferior das plantas, a utilização da cortina de correntes nos primeiros horários do dia, 6h e 9h, apresentou menores quantidades de urédias/cm<sup>2</sup>, confirmando melhor deposição do tratamento no terço inferior das plantas (Tabela 3).

Nas aplicações realizadas através da barra do pulverizador sem auxílio, da mesma forma que na avaliação do terço médio, os horários das 18h e 21h foram aqueles que demonstraram a menor quantidade de urédias/cm<sup>2</sup>, no entanto 18hS não se diferenciou significativamente de 9hS, 12hS e 15hS. O tratamento 6hS, o qual foi aplicado sob presença de orvalho, foi aquele que apresentou o maior número de urédias/cm<sup>2</sup> no terço inferior das plantas. Porém, 6hS não se diferenciou estatisticamente dos tratamentos 9hS, 12hS e 15hS.

Nas aplicações realizadas através da barra auxiliada pela cortina de correntes, o tratamento 18hC apresentou menor número de urédias/cm<sup>2</sup> no terço inferior, não se diferenciando significativamente de 6hC, 9hC e 21hC. Todos os tratamentos, com ou sem auxílio à barra se diferenciaram das Testemunhas S e C (Tabela 3).

Para o rendimento de sementes não foram encontradas diferenças significativas entre as parcelas que receberam os tratamentos através da barra do pulverizador auxiliada ou não pela cortina de correntes (Tabela 4).

Tabela 4 - Rendimento de sementes (kg/ha) das parcelas colhidas separadamente, com umidade corrigida para 13%. Cultivar BMX Veloz RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
06h	* ns 3685 ab	3651 a
09h	3714 ab	3697 a
12h	3875 a	3754 a
15h	3807 ab	3620 a
18h	3640 b	3778 a
21h	3651 ab	3853 a
Testemunha	3057 c	3001 b
C.V. (%)	6,24	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade de erro.

\* ns - Não houve diferenças significativas entre aplicações feitas com ou sem auxílio à barra (F-teste a 5% de probabilidade de erro).

Apesar de terem sido encontradas diferenças significativas para a maioria das avaliações de incidência foliolar da ferrugem e do

número de urédias/cm<sup>2</sup> entre os diferentes modelos de barra nos primeiros horários do dia (6h e 9h), não houve diferença significativa no rendimento de sementes nesses horários a partir de aplicações feitas com ou sem a presença da cortina de correntes (Tabela 4).

Aplicações realizadas às 12h sem auxílio à barra demonstraram o mais elevado rendimento de sementes, superando a testemunha em 818 kg/ha. No entanto 12hS não se diferenciou significativamente dos tratamentos 6hS, 9hS, 15hS e 21hS. O tratamento 12hS também superou o rendimento do tratamento 18hS em 224 kg/ha. Todos os tratamentos se diferenciaram da testemunha sem aplicação (Testemunha S), sendo que o rendimento médio das parcelas tratadas superou o rendimento das parcelas sem tratamento em 672 kg/ha (Tabela 4).

Para as aplicações realizadas com a presença da cortina de correntes, não foram encontradas diferenças significativas entre os horários de aplicação. No entanto, todos os tratamentos se diferenciaram significativamente das parcelas não tratadas, com média de rendimento 720 kg/ha superior ao rendimento da Testemunha C. Aplicações realizadas às 21h com a barra auxiliada pela cortina de correntes, superaram em 233 kg/ha o rendimento de sementes do tratamento 15hC.

Devido ao início tardio da infecção por *P. pachyrhizi* no ensaio com BMX Veloz RR (material de ciclo curto), quando a doença se manifestou com mais virulência, a planta já se encontrava em fase final

do enchimento de sementes. Diminuindo dessa forma a amplitude de variação dos dados analisados.

Dentre as vantagens observadas em se trabalhar com um material produtivo e de ciclo superprecoce, destaca-se o fato de que em situações de plantios mais cedo, torna-se possível o escape da doença, ou ainda, trabalhar com menor número de aplicações de fungicidas, diminuindo dessa forma as despesas com o tratamento fitossanitário e mantendo elevado o de rendimento de sementes.

Para o peso de mil sementes, foram encontradas diferenças significativas em função da utilização do auxílio à barra pela cortina de correntes somente nos horários das 6h e 15h (Tabela 5).

Tabela 5 - Peso de mil sementes de soja (g), com valores de umidade corrigidos para 13%. Cultivar BMX Veloz RR, FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Horário	Modelos de barra	
	Sem auxílio	Com auxílio
6h	B 146,59 bc	A 168,14 ab
9h	A 150,67 b	A 157,11 bc
12h	A 160,20 b	A 156,52 bc
15h	A 159,23 b	B 144,42 cd
18h	A 174,14 a	A 181,67 a
21h	A 144,50 bc	A 146,31 cd
Testemunha	A 128,41 c	A 126,91 d
C.V. (%)	5,15	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade de erro.

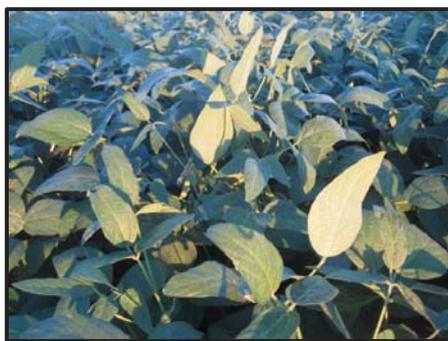
No início da manhã, horário em que havia presença de orvalho em abundância, a utilização do auxílio à barra demonstrou aumento significativo do peso de mil sementes. Já às 15h, quando a temperatura estava acima de 30 °C, a umidade relativa do ar estava abaixo de 60% a velocidade do vento era de 6,0 km/h, ocasionando uma leve prostração natural das plantas, a utilização da cortina de correntes desfavoreceu o peso de mil sementes (Tabela 5)

Nas aplicações realizadas com a barra do pulverizador sem auxílio, o horário das 18h foi aquele que apresentou o melhor resultado. Não houve diferenças significativas de peso de mil sementes entre os outros horários testados. Os únicos horários que não apresentaram diferenças significativas relação à testemunha não tratada, foram aqueles em que as folhas do terço superior das plantas assumem posição horizontal em relação ao solo, 6h e 21h (Tabela 5).

Para a avaliação do peso de mil sementes nas aplicações realizadas através da barra auxiliada pela cortina de correntes, os tratamentos 18hC e 6hC foram aqueles que apresentaram os melhores resultados. No entanto 6hC não se diferenciou estatisticamente de 9hC e 12hC. Os tratamentos 15hC e 21hC, apesar de apresentarem valores superiores, não se diferenciaram significativamente da testemunha sem aplicação (Testemunha C) (Tabela 5).

Fatores intrínsecos da cultivar BMX Veloz RR, como moderado IAF em comparação à outras cultivares disponíveis no mercado, estatura mediana, elevado número de ramos plagiotrópicos,

inserção diagonal dos ramos, presença de folhas pequenas no terço superior das plantas em relação às folhas dos outros terços e formato estreito de folhas (Figuras 2 e 3), favoreceram a aplicação do tratamento fitossanitário, resultando em boa cobertura de todo o dossel da planta, na maioria dos horários testados.



**Figura 2** - BMX Veloz RR às 9h  
Foto: Moura, B.



**Figura 3** - BMX Veloz RR às 21h  
Foto: Moura, B.

Segundo Dalla Favera 2012, a arquitetura de plantas exerce influência direta na qualidade da aplicação. No decorrer do ciclo ocorrem modificações no dossel da soja, principalmente no IAF. Dessa forma, em se tratando da cultivar BMX Veloz RR, à exceção das primeiras horas do dia, em que geralmente há presença de orvalho e os trifólios superiores assumem angulação mais próxima à horizontal em relação ao solo, a utilização de assistência à barra de pulverização, como foi o caso da cortina de correntes nesse ensaio, na maioria dos horários do dia não interfere substancialmente na deposição de gotas do tratamento fitossanitário no dossel das planta.

#### 4 CONCLUSÕES

A utilização da cortina de correntes nas aplicações de fungicida para controle de ferrugem-asiática em plantas de soja da cultivar BMX Veloz RR favorece a deposição de gotas no terço inferior das plantas nos horários das 6h e 9h.

A utilização de mecanismos de auxílio à barra do pulverizador, pode interferir negativamente na deposição de gotas no terço superior das plantas de soja.

Aplicações de fungicidas na cultura da soja realizadas entre os horários das 6h e 21h são eficazes para o controle da ferrugem-asiática e consequente obtenção de valores elevados para o rendimento de sementes.

A arquitetura das plantas da cultivar BMX Veloz RR não limita a penetração de gotas do tratamento fitossanitário no dossel das plantas em todos os horários testados, proporcionando maior controle da ferrugem-asiática.

### CAPÍTULO III

#### DETERMINAÇÃO *IN VITRO* DA CONCENTRAÇÃO INIBITÓRIA DE FUNGICIDAS À *Phakopsora pachyrhizi*

BIANCA DE MOURA<sup>1</sup>

**RESUMO** - No Brasil, o segundo maior produtor mundial de soja, a ferrugem-asiática da soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi* é a doença mais destrutiva da cultura, podendo causar danos de até 75%. O objetivo desse trabalho foi determinar os valores da concentração inibitória *in vitro* de fungicidas à *P. pachyrhizi* provenientes de três regiões brasileiras produtoras de soja: Passo Fundo/RS, Ponta Grossa/PR e Primavera do Leste/MT. Em dois substratos, os fungicidas foram incorporados em diferentes concentrações em placas de Petri contendo ágar-água ou ágar-extrato de folhas. Adicionou-se 1 mL de suspensão de uredosporos de *P. pachyrhizi* em cada placa, para posterior contagem dos uredosporos viáveis. A piraclostrobina isolada e a mistura trifloxistrobina + protioconazol, apresentaram valores de CI<sub>50</sub> inferiores a 1 mg/L para todos os isolados utilizados. A CI<sub>50</sub> da mistura piraclostrobina + epoxiconazol ultrapassou 1 mg/L somente para o isolado de Primavera do Leste/MT. Os

---

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia - bibamoura@hotmail.com

valores de  $CI_{50}$  do epoxiconazol superaram 9 mg/L para os isolados de Passo Fundo/RS e Ponta Grossa/PR, enquanto para o isolado de Primavera do Leste/MT, foram inferiores a 1 mg/L. Confirmando dessa forma, a diferença de sensibilidade entre isolados de *P. pachyrhizi* provenientes de áreas distintas. A  $CI_{50}$  da mistura piraclostrobina + fluxapirroxade foi abaixo de 1 mg/L somente para o isolado de Ponta Grossa/PR. Para os fungicidas azoxistrobina, trifloxistrobina e a mistura azoxistrobina + benzovindiflupir, os valores da  $CI_{50}$  para os isolados de Passo Fundo/RS e Primavera do Leste/MT foram semelhantes, sendo superiores aos valores encontrados para o isolado de Ponta Grossa/PR. Não houve perda de sensibilidade a nenhum dos fungicidas testados.

**Palavras-chave:**  $CI_{50}$ , ferrugem-asiática, uredosporos viáveis, perda de sensibilidade.

***IN VITRO* DETERMINATION OF INHIBITORY  
CONCENTRATION OF FUNGICIDES FOR *Phakopsora pachyrhizi***

**ABSTRACT** - In Brazil, the second largest soybean producer in the world, Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) is the most destructive disease, with damages up to 75% of production. The aim of this study was to determine the inhibitory concentration *in vitro* of

fungicides for *P. pachyrhizi* isolates from three Brazilian soybean producer regions: Passo Fundo, RS, Ponta Grossa, PR and Primavera do Leste, MT. In two substrates, different concentrations of the fungicides were incorporated in the Petri dishes containing of either agar-water or agar-extract of fresh leaves. One ml of *P. pachyrhizi* uredospores suspension was added to each dish, for later counting of viable uredospores. Pyraclostrobin and the mixture of trifloxystrobin + prothioconazole, showed IC<sub>50</sub> values of less than 1 mg/l for all used isolates. The mixture of pyraclostrobin + epoxiconazole IC<sub>50</sub> exceeded 1 mg/l only for the Primavera do Leste, MT isolate. IC<sub>50</sub> values of epoxiconazol exceeded 9 mg/l for Passo Fundo, RS and Ponta Grossa, PR isolates, while for the Primavera do Leste, MT isolate, it was less than 1 mg/l. The IC<sub>50</sub> of pyraclostrobin + fluxapyroxad mixture was below 1 mg/l only for Ponta Grossa, PR isolate. For the fungicides azoxystrobin, trifloxystrobin and azoxystrobin + benzovindiflupir mixture, the IC<sub>50</sub> values were similar for Passo Fundo, RS and Primavera do Leste, MT isolates, and higher than the values found from the Ponta Grossa, PR isolate. There was no sensitivity loss to any of the fungicides tested.

**Key words:** IC<sub>50</sub>, Asian rust, germination, viable uredospores, sensitivity loss.

## 1 INTRODUÇÃO

A ferrugem-asiática da soja (FAS), causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow (1914) é a doença mais destrutiva da cultura, cujos danos podem superar 75% da produção (YORINORI, 2002). Trata-se de uma doença cuja infecção ocorre através das células epidermais, já que o fungo não penetra na planta através dos estômatos (REIS & CASA, 2012). Além disso, os esporos do fungo podem ser facilmente disseminados a longas distâncias através de correntes de vento.

Apesar de já existirem cultivares de soja tolerantes à FAS, o escalonamento de plantio com materiais suscetíveis à doença se faz necessário na prevenção da quebra da tolerância pelo patógeno. Dessa forma, tem-se na aplicação de fungicidas em órgãos aéreos da planta, a melhor estratégia de manejo da doença.

Segundo Reis et al. (2010a), nem todas as substâncias químicas são tóxicas aos fungos. Através da quantificação da dose efetiva (DE), concentração efetiva (CE) ou concentração inibitória (CI), pode-se obter a sensibilidade do fungo à substância tóxica. No caso da  $CI_{50}$ , essa está correlacionada a um fungo específico, de modo que seu valor pode sofrer alterações ao longo do tempo, devido as mudanças genéticas do

patógeno. Essas mudanças podem ser ocasionadas devido ao grande número aplicações seguidas com produtos do mesmo grupo químico, utilização do mesmo ingrediente ativo por um longo período de tempo e aplicações com subdoses do fungicida. Portanto, a  $CI_{50}$  refere-se à concentração do fungicida (mg/L) que inibe 50% do crescimento micelial, germinação de esporos, número de lesões por  $cm^2$ , ou ainda, número de urédias por  $cm^2$ . O parâmetro utilizado para a determinação da  $CI_{50}$  *in vitro*, é a contagem do percentual de esporos germinados (REIS et al., 2010a).

De acordo com Edgington e Klew (1971) para que uma substância seja considerada fungicida, a mesma deve ter valor da concentração capaz de inibir a sobrevivência de 50% da população do patógeno ( $CI_{50}$ ) inferior a 50 mg/L (50 ppm). Já para um fungicida ser considerado altamente tóxico, o valor de sua  $CI_{50}$  não deve ultrapassar 1 mg/L (1 ppm), e para aqueles considerados moderados, a  $CI_{50}$  deve estar no intervalo de 1 a 50 mg/L (1 a 50 ppm). Apesar disso, Blum (2009), trabalhando com determinação da  $CI_{50}$  para *P. pachyrhizi*, sugere que sejam considerados como altamente tóxicos, fungicidas cujo valor da  $CI_{50}$  seja inferior a 0,1 mg/L, apenas fungitóxicos valores entre 0,1 e 20 mg/L, medianamente tóxicos aqueles cuja  $CI_{50}$  está entre 21 e 100 mg/L e substâncias atóxicas, aquelas cuja  $CI_{50}$  supere o valor de 100 mg/L.

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o Brasil dispõe de 114 fungicidas de uso comercial com registro para a FAS (AGROFIT, 2014). Desses fungicidas, mais da metade está compreendida no grupo químico triazol. Para o grupo estrobilurina, existem apenas duas isoladas que apresentam registro para o controle de *P. pachyrhizi*. No entanto, cerca de 30% dos fungicidas registrados, são formulados a partir da mistura triazol + estrobilurina. Dentre outros fungicidas registrados, encontramos ainda misturas de triazol + benzimidazol, triazol + estrobilurina + benzimidazol, triazol + triazolintiona, pirimidinil carbinol e carboxamida + estrobilurina.

O grupo químico triazol atua na integridade da membrana plasmática, alterando sua permeabilidade. É conhecido como inibidor da desmetilação do C-14 (IDM). Age de forma antagônica à produção do ergosterol, através da inibição do grupo metila C-14 do 24-metilenodihifrolanasterol, sendo fungicida sistêmico que apresenta ação curativa e erradicante (REIS et al., 2010b).

De forma análoga, a triazolintiona inibe a biossíntese do ergosterol na propriedade intrínseca das membranas. Inibe a síntese do ergosterol, porém possui em sua composição uma estrutura diferenciada do grupo triazol. Trata-se de uma molécula de enxofre ligada, através de ligação dupla, ao anel aromático (LEROUX & WALKER, 2010).

Quanto ao mecanismo de ação do grupo químico estrobilurina, que atua no complexo III da cadeia de elétrons, esse se dá através da inibição da quinona externa da mitocôndria (IQe). Dessa forma, ocorre o bloqueio da respiração mitocondrial, paralisando a produção de ATP (REIS et al., 2010b).

Já o grupo carboxamida (ISDH), da mesma forma que os IQe's, inibe a oxidação da enzima succinato desidrogenase indisponibilizando a respiração, no entanto, age no complexo II da cadeia de elétrons na mitocôndria. Apesar de ser lançada recentemente no MAPA a mistura estrobilurina + carboxamida, o grupo ISDH (carboxamida) não é novo no mercado, sendo comercializado desde a década de 1960 (REIS et al., 2010b).

Além das alterações das  $CI_{50}$  de fungicidas para o fungo *P. pachyhrizi* devido ao longo período de uso, ainda não se dispõe de valores de referência da  $CI_{50}$  relacionados a todas as moléculas de fungicidas isoladamente, assim como para as misturas de diferentes ingredientes ativos. O objetivo desse trabalho foi determinar a  $CI_{50}$  *in vitro* de fungicidas isolados e em mistura para controle de *P. pachyhrizi* em diferentes substratos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Isolados de *P. pachyrhizi* foram obtidos a partir de plantas naturalmente infectadas, safra 2013/2014, nos municípios de Passo Fundo/RS (campo experimental da FAMV/UPF), Ponta Grossa/PR (material coletado pela equipe de campo da Fundação ABC) e Primavera do Leste/MT (material coletado a campo pela Engenheira Agrônoma Tatiane Zambiasi da empresa Agrolab).

A manutenção e multiplicação dos isolados provenientes de cada um dos municípios, foi realizada através de inoculação artificial de plantas saudáveis de soja, cultivar BMX Apolo RR no estágio fenológico V4 - terceira folha trifoliada completamente desenvolvida (FEHR & CAVINESS, 1977). A inoculação foi feita a partir da pulverização da suspensão de uredosporos de *P. pachyrhizi*, em solução de água destilada com surfactante Tween 20<sup>®</sup>, sendo a concentração ajustada para  $3,0 \times 10^4$  uredosporos/mL.

Após inoculação, os vasos foram mantidos por 48 horas em câmara de inoculação sob temperatura de  $22 \pm 2$  °C, na ausência de luz e molhamento foliar contínuo. Transcorridas 48 horas, os vasos contendo plantas foram colocados em câmara de crescimento de forma isolada, evitando dessa forma que houvesse contaminação entre uredosporos de diferentes localidades. As plantas mantidas na câmara de crescimento, foram submetidas às condições de temperatura variando de  $20 \pm 2$  °C e fotoperíodo de 12 horas, garantindo dessa forma a manutenção dos

isolados a serem posteriormente utilizados nos ensaios para a determinação da  $CI_{50}$ .

Em dois substratos diferentes, os fungicidas epoxiconazol (12,5% SC), piraclostrobina (25,0% EC), azoxistrobina (25,0% SC), trifloxistrobina (50,0% GDA), piraclostrobina (13,3% SE) + epoxiconazol (5,0% SE), trifloxistrobina (15,0% SC) + protioconazol (17,5% SC), piraclostrobina (33,3% SC) + fluxapiroxade (16,7% SC) e azoxistrobina (30,0% WG) + benzovindiflupir (15,0% WG) foram testados nas concentrações de 0; 0,01; 0,1; 1; 10; 20; 40 e 50 mg/L.

Para a preparo do primeiro substrato utilizou-se a metodologia descrita por Blum (2009), sendo conduzido em placas de Petri plásticas descartáveis (90 x 15mm) contendo substrato esterilizado ágar-água a 2% (AA). E para o preparo do segundo substrato, utilizou-se a metodologia descrita por Buzzerio (2007), sendo conduzido em placas de Petri das mesmas dimensões, com substrato ágar-água a 2% + 0,5% de extrato de folíolos de soja (EX), obtidos a partir de plantas sadias no estágio fenológico V3 - segunda folha trifoliada completamente desenvolvida (FEHR & CAVINESS, 1977).

Os meios de cultura ágar-água (AA) e ágar-extrato de folhas (EX) foram esterilizados através de autoclavagem. Após a esterilização, foram misturados às soluções de fungicidas nas diferentes concentrações (0; 0,01; 0,1; 1; 10; 20; 40 e 50 mg/L). Preparados os substratos contendo meio de cultura com as diferentes concentrações de cada fungicida, os mesmos foram vertidos em placa de Petri, que após a solidificação foram

mantidas sob refrigeração (4 °C) por 24 horas, até receberem a suspensão de uredosporos.

As suspensões de uredosporos foram preparadas a partir da mistura de água esterilizada com surfactante Tween 20<sup>®</sup> e uredosporos de trifólios de plantas infectadas ( $3,0 \times 10^4$  uredosporos/mL), através de agitação manual. Em seguida, 1 mL da suspensão de uredosporos foi vertida na placa de Petri contendo substrato com as diferentes concentrações do fungicidas. Após preparadas, as placas foram incubadas por 6 horas em câmara incubadora tipo BOD, sob temperatura de 22 °C e ausência de luz. Passado esse período, paralisou-se o crescimento do tubo germinativo, pela adição de 0,3 mL da solução de acetona 100% + corante azul de algodão por placa, para posterior avaliação.

A determinação da  $CI_{50}$ , que define a fungitoxicidade para cada um dos fungicidas testados, foi obtida através da contagem de 100 uredosporos por placa de Petri, obtendo o percentual de esporos viáveis de *P. pachyrhizi*. Foi considerado viável, ou germinado, os uredosporos cujo comprimento do tubo germinativo foi maior que o menor diâmetro do esporo, e como não germinados, ou inviáveis, aqueles em que não houve emissão do tubo germinativo, ou o comprimento do mesmo foi inferior ao menor diâmetro do esporo.

Em cada um dos substratos, AA e EX, os dados foram expressos em percentual de inibição da germinação em relação à testemunha sem adição de fungicida no substrato (concentração de 0 mg/L).

O ensaio foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento. Os dados foram submetidos a análise regressão do Probit (SAS INSTITUTE INC. 2013), a 5% de significância, através do software estatístico SAS, versão 9.4.

Para os fungicidas epoxiconazol, azoxistrobina, piraclostrobina e trifloxistrobina, foram obtidos os fatores de redução de sensibilidade, uma vez que os mesmos já apresentavam valores de  $CI_{50}$  de referência à *P. pachyrhizi* (BLUM, 2009). O fator de redução de sensibilidade quantifica a alteração de uma linhagem do fungo a determinado fungicida (RUSSEL, 2004). A FRS é obtida através da relação entre  $CI_{50}$  atual e  $CI_{50}$  de referência (BLUM, 2009), portanto  $FRS = CI_{50} \text{ encontrada} / CI_{50} \text{ de referência}$ . Se a FRS for igual a 1,0 significa que não houve redução da sensibilidade. Se FRS é maior que 1,0 demonstra que está havendo redução de sensibilidade da linhagem de *P. pachyrhizi* ao fungicida, ou aumento da resistência (REIS & CASA, 2012).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao controle de *P. pachyrhizi* por fungicidas em diferentes doses para os três isolados (Passo Fundo/RS, Ponta Grossa/PR e Primavera do Leste/MT), verificou-se uma tendência de estabilização dessa variável a partir 40 mg/L para a azoxistrobina (25,0% SC), de 10 a 20 mg/L para a trifloxistrobina (50,0% GDA), 40 mg/L para a mistura piraclostrobina (33,3% SC) + fluxapiroxade (16,7%) e de 40 mg/L para azoxistrobina (30% WG) + benzovindiflupir (15% WG). Para os fungicidas epoxiconazol (12,5% SC), piraclostrobina (25,0% EC), piraclostrobina (13,3% SE) + epoxiconazol (5,0% SE) e trifloxistrobina (15,0% SC) + protioconazol (17,5% SC), houve aumento no percentual de controle em função do aumento da dose testada (Apêndices de II a IX).

De acordo com a classificação de Edgington e Klew (1971), o isolado de *P. pachyrhizi* proveniente de Passo Fundo/RS não apresentou perda de sensibilidade a nenhum dos fungicidas testados, independente do substrato utilizado. Além disso, os fungicidas piraclostrobina + epoxiconazol, piraclostrobina, trifloxistrobina + protioconazol e azoxistrobina + benzovindiflupir foram classificados com altamente tóxicos (Tabela 1).

Tabela 1 - Concentração inibitória (CI<sub>50</sub>) de fungicidas em mg/L para o controle de *Phakopsora pachyrhizi* em dois substratos para o isolado de Passo Fundo/RS. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Fungicida	Substrato	CI <sub>50</sub> *	Intervalo de confiança	
Epoconazol	AA	12,16	8,95	16,92
	EX	11,42	8,95	14,73
Piraclostrobina + Epoconazol	AA	0,13	0,11	0,16
	EX	0,13	0,10	0,17
Piraclostrobina	AA	0,62	0,51	0,74
	EX	0,69	0,57	0,82
Trifloxistrobina + Protioconazol	AA	0,20	0,17	0,24
	EX	0,29	0,24	0,34
Piraclostrobina + Fluxapiraxade	AA	9,94	8,39	11,80
	EX	12,86	9,85	17,07
Azoxistrobina + Benzovindiflupir	AA	0,45	0,33	0,60
	EX	1,38	1,07	1,76
Azoxistrobina	AA	23,29	15,05	38,78
	EX	32,98	22,24	52,26
Trifloxistrobina	AA	11,06	7,90	15,93
	EX	15,63	12,24	20,28

\* Valores obtidos através de regressão do Probit com intervalo de confiança de 95%

De acordo com Blum (2009), os fungicidas piraclostrobina + epoxiconazol, piraclostrobina, trifloxistrobina + protioconazol, piraclostrobina + fluxapiraxade, azoxistrobina + benzovindiflupir e trifloxistrobina seriam considerados fungitóxicos, pois apresentam valores de CI<sub>50</sub> entre 0,1 e 20 mg/L. Porém o fungicida azoxistrobina seria

considerado mediamente fungitóxico, apresentando o valores de  $CI_{50}$  superiores a 20 mg/L. Apesar das comparações descritas, nesse trabalho será adotada a classificação internacional de Edgington e Klew (1971), sendo que para essa classificação, a mistura piraclostrobin + epoxiconazol, que está em uso desde 2002, apresentou baixos valores da  $CI_{50}$  em ambos os substratos. Apesar de testada isoladamente, a trifloxistrobina não possui registro no Ministério da Agricultura Pecuária de Abastecimento (MAPA) para o controle de ferrugem da soja. No entanto, a mistura trifloxistrobina + protioconazol possui registro para o controle da *P. pachyrhizi*, estando em uso comercial desde 2011 (AGROFIT, 2014). Apesar disso, a mistura apresentou baixos valores de  $CI_{50}$ , confirmando sua classificação com fungicida altamente fungitóxico. Da mesma forma que a trifloxistrobina, a piraclostrobin isolada não tem registro para o controle de *P. pachyrhizi* no MAPA. No entanto, para o isolado de Passo Fundo/RS, foi o fungicida isolado que apresentou o menor valor de  $CI_{50}$ .

Misturas de fungicidas registrados em 2014 para o controle de *P. pachyrhizi*, como azoxistrobina + benzovindiflupir e piraclostrobin + fluxapiróxade apresentam valores de  $CI_{50}$  que os classifica como fungicidas tóxicos à *P. pachyrhizi* proveniente de Passo Fundo/RS. No entanto, a mistura piraclostrobin + fluxapiróxade apresentou valores de  $CI_{50}$  moderadamente elevados para um fungicida novo no mercado. O grupo químico carboxamida, já está em uso desde a década de 1960 (REIS & CASA, 2010b), porém a molécula testada, fluxapiróxade, é

nova. Com relação à piraclostrobina isolada, já dispomos de valores da  $CI_{50}$ , porém ainda não dispomos de valores da  $CI_{50}$  do fluxapiróxade à *P. pachyrhizi*. Em trabalhos futuros, seria importante a obtenção da  $CI_{50}$  para o fluxapiróxade isoladamente, desvendando dessa forma, se existe antagonismo entre os ingredientes ativos.

A partir de valores de  $CI_{50}$  já existentes na literatura ( $CI_{50}$  de referência), foram obtidos os fatores de redução de sensibilidade (FRS), dos fungicidas epoxiconazol, azoxistrobina, piraclostrobina e trifloxistrobina (Tabela 2). Apesar da ausência de registro no MAPA, a azoxistrobina foi o fungicida que apresentou maior fator de redução de sensibilidade.

Tabela 2 - Concentração inibitória ( $CI_{50}$ ) em mg/L e fator de redução da sensibilidade (FRS) para controle de *Phakopsora pachyrhizi* proveniente de Passo Fundo/RS. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Fungicida	$CI_{50}$ de referência*	$CI_{50}$ Passo Fundo/RS	FRS
Epoxiconazol	0,450	12,16	27,02
Azoxistrobina	0,127	23,29	183,36
Piraclostrobina	0,202	0,62	3,04
Trifloxistrobina	0,131	11,06	84,42

\* Fonte: Blum, 2009. Valores obtidos pela análise de regressão do Probit com intervalo de confiança de 95%.

Da mesma forma que ocorreu em Passo Fundo/RS, não houve perda de sensibilidade de nenhum dos fungicidas testados para o isolado de *P. pachyrhizi* proveniente de Ponta Grossa/PR (Tabela 3).

Tabela 3 - Concentração inibitória (CI<sub>50</sub>) de fungicidas em mg/L para controle *Phakopsora pachyrhizi* em dois substratos para o isolado de Ponta Grossa/PR. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Fungicida	Substrato	CI <sub>50</sub> *	Intervalo de confiança	
Epoconazol	AA	10,82	8,36	14,20
	EX	9,77	7,54	12,83
Piraclostrobina + Epoconazol	AA	0,18	0,15	0,22
	EX	0,13	0,11	0,17
Piraclostrobina	AA	0,15	0,11	0,20
	EX	0,36	0,28	0,45
Trifloxistrobina + Protioconazol	AA	0,26	0,22	0,31
	EX	0,27	0,23	0,32
Piraclostrobina + Fluxaproxade	AA	0,73	0,55	0,96
	EX	0,97	0,74	1,25
Azoxistrobina + Benzovindiflupir	AA	0,16	0,12	0,19
	EX	0,23	0,18	0,29
Azoxistrobina	AA	1,77	1,29	2,39
	EX	1,93	1,49	2,48
Trifloxistrobina	AA	0,41	0,32	0,53
	EX	0,75	0,58	0,95

\* Valores obtidos pela análise de regressão do Probit com intervalo de confiança de 95%.

Pela classificação de Edgington e Klew (1971), os fungicidas piraclostrobina + epoxiconazol, piraclostrobina, trifloxistrobina + protioconazol, piraclostrobina + fluxaproxade, azoxistrobina + benzovindiflupir e trifloxistrobina foram considerados altamente tóxicos.

Os fungicidas epoxiconazol e azoxistrobina, foram classificados com moderadamente fungitóxicos.

Diferentemente de Passo Fundo/RS e Ponta Grossa/PR, os valores da  $CI_{50}$  do fungicida epoxiconazol encontrados para o isolado proveniente de Primavera do Leste/MT foram relativamente baixos. Classificando-o, pela classificação de Edgington e Klew, como produto altamente fungitóxico (Tabela 4). Para os fungicidas piraclostrobina, trifloxistrobina + protioconazol e azoxistrobina + benzovindiflupir, os valores da  $CI_{50}$  para o isolado de Primavera do Leste/MT foram semelhantes aos valores encontrados em isolados de outras regiões, classificando-os com altamente tóxicos. Os valores da  $CI_{50}$  para os fungicidas piraclostrobina + epoxiconazol, piraclostrobina + fluxapiraxade, azoxistrobina e trifloxistrobina os classifica como moderadamente fungitóxicos. Esses valores foram próximos aos encontrados em Passo Fundo, uma vez que ambos municípios estão situados em regiões epidêmicas de *P. pachyrhizi*.

Tabela 4 - Concentração inibitória (CI<sub>50</sub>) de fungicidas em mg/L para controle de *Phakopsora pachyrhizi* em dois substratos para o isolado de Primavera do Leste/MT. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014

Fungicida	Substrato	CI <sub>50</sub> *	Intervalo de confiança	
Epoconazol	AA	0,67	0,56	0,80
	EX	0,86	0,71	1,02
Piraclostrobina + Epoconazol	AA	1,15	0,94	1,40
	EX	3,15	2,69	3,67
Piraclostrobina	AA	0,16	0,13	0,19
	EX	0,14	0,11	0,17
Trifloxistrobina + Protioconazol	AA	0,39	0,33	0,45
	EX	0,37	0,32	0,43
Piraclostrobina + Fluxapiraxade	AA	20,85	16,04	27,78
	EX	17,69	13,17	24,45
Azoxistrobina + Benzovindiflupir	AA	0,88	0,70	1,10
	EX	1,39	0,43	1,31
Azoxistrobina	AA	11,28	8,71	14,79
	EX	9,83	7,63	12,79
Trifloxistrobina	AA	6,43	4,69	8,95
	EX	5,69	4,30	7,57

\* Valores obtidos pela análise de regressão do Probit com intervalo de confiança de 95%.

Os menores valores da CI<sub>50</sub> do epoconazol, foram encontrados para o isolado proveniente de Primavera do Leste/MT. Provavelmente esses valores são devidos a um longo período sem a utilização de fungicidas do grupo químico triazol (IDM's) de forma

isolada. Já para as regiões de Passo Fundo/RS e Ponta Grossa/PR, o fungicida epoxiconazol e outros fungicidas do grupo triazol, têm sido utilizados para o controle da FAS desde o ano de 2002, fator que colaborou para a redução da sensibilidade dos inóculos de *P. pachyrhizi* provenientes dessas áreas. Desde a safra de 2007/2008, como estratégia de prevenção à resistência de *P. pachyrhizi*, as aplicações de triazóis isolados foram substituídas por aplicações da mistura triazol + estrobilurina (HIROMOTO & CAMACHO, 2008). Decorrente dessa mudança, o fungicida piraclostrobina + epoxiconazol, que apresentou valores de  $CI_{50}$  inferiores a 1 mg/L para isolado de outras regiões, demonstrou valores mais elevados para o isolado de Primavera do Leste/MT, o classificando como moderadamente fungitóxico.

Portanto, os valores de  $CI_{50}$  mais elevados à mistura de triazol + estrobilurina para o isolado proveniente de Primavera do Leste/MT, se devem a vários fatores, como: i) elevado número de aplicações de fungicidas para o controle da FAS; ii) maior número de aplicações de misturas, em relação aos triazóis isolados; iii) o Mato Grosso ter a maior produção de soja e maior volume de área cultivada, participando em mais de 30% da produção nacional (CONAB, 2014) e; iv) presença de plantios sucessivos da cultura da soja, aumentando a presença de inóculo da doença em todas as épocas do ano (DERAL, 2013).

De modo geral, a obtenção de valores mais baixos de  $CI_{50}$  da maioria dos fungicidas testados ao isolado de *P. pachyrhizi* proveniente de Ponta Grossa/PR, se deve ao fator de que Ponta Grossa está localizada

em área classificada como não epidêmica, de acordo com o levantamento do Consórcio Antiferrugem em parceria com a Embrapa Soja (EMBRAPA SOJA, 2013). Enquanto o norte do Rio Grande do Sul (região de Passo Fundo) e o Estado do Mato Grosso são focos de epidemia da doença. Outro fator determinante a variação da fungitoxidade dos fungicidas testados sobre os inóculos de *P. pachyrhizi* procedentes das três regiões, está no número de aplicações de um mesmo fungicida e/ou mesmo grupo químico por cultivo de soja. A utilização sequencial de um mesmo fungicida, tanto de um ingrediente ativo isolado quanto misturas de diferentes ativos, gera a diminuição da sensibilidade do patógeno ao produto. Enquanto na região de Ponta Grossa/PR se trabalha com média de duas a três aplicações (FUNDAÇÃO ABC; EMBRAPA SOJA, 2013), em Passo Fundo/RS a média de aplicações é de 3 a 4 e em Primavera do Leste/MT, se faz de 4 a 5 aplicações de fungicidas por cultivo para controle de *P. pachyrhizi* (HOFFMANN, L. 2014<sup>\*</sup>).

Para o fungicida piraclostrobina + fluxapiróxade que apesar de ser um fungicida novo no mercado, apresentou valores de  $CI_{50}$  para os isolados de Passo Fundo e Primavera do Leste que os classificaram com moderadamente fungitóxico, foram realizadas cinco repetições do ensaio para cada um dos isolados com os dois substratos testados, confirmando dessa forma a idoneidade dados obtidos.

---

\* Laercio Hoffman - informação pessoal, 2014.

#### 4 CONCLUSÕES

Os valores da  $CI_{50}$  para o isolado de Passo Fundo/RS demonstram a alteração do fator de redução de sensibilidade para os fungicidas epoxiconazol em 27,02; azoxistrobina em 183,36; piraclostrobina em 3,04 e trifloxistrobina em 84,42; porém não há perda de sensibilidade.

Pelo critério de Edgington e Klew não há perda de sensibilidade de nenhum dos isolados de *Phakopsora pachyrhizi* aos fungicidas testados.

Não há diferenças significativas entre os dois substratos utilizados.

Além da maior praticidade de preparo, a utilização do substrato ágar-água facilita a visualização dos resultados.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ADAPAR. Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. *Pesquisa Agrotóxicos*. Disponível em: <<http://www.adaptar.prpgov.br/modules/conteudo>>. Acesso em: 01 jan. 2015.

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. *Ingredientes Ativos*. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)> Acesso: 20 outubro, 2014.

ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W.; BLACKWELL, M. *Introductory mycology*. John Willey & Sons: inc. New York, 1996. 868 p.

ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. F. V; HENNING, A. A. Doenças da soja. In: KIMATI et al. *Manual de fitopatologia* v.2. 3 ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2005. p. 642-664

ANTUNIASSI, U. R. *Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas*. FCA/UNESP - Botucatu/SP, 2005. Disponível em: <[http://www.sindag.org.br/App\\_Uploads/trabalhos\\_tecnicos/13\\_documents\\_trabalhos\\_tecnicos.pdf](http://www.sindag.org.br/App_Uploads/trabalhos_tecnicos/13_documents_trabalhos_tecnicos.pdf)>. Acesso em: 28 nov. 2014.

ANTUNIASSI, U. R. *Tecnologia de aplicação: conceitos básicos, inovações e tendências*. FCA/UNESP: Botucatu/SP, 2012. 32 p

APLICATIVO CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM. *Grupo de Pesquisa Mosaico*. Download disponível para iPhone a iPad. Disponível em: <[http://www.consorcioantiferrugem.net/iphone/Grupo\\_de\\_Pesquisa\\_Mosaico.html](http://www.consorcioantiferrugem.net/iphone/Grupo_de_Pesquisa_Mosaico.html)>. Acesso: 26 outubro, 2014.

ASAE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. In: *Spray nozzle classification by droplet spectra*. St. Joseph, S572, p.389-91. 2000.

AZEVEDO, L. A. S. *Qualidade da aplicação de fungicidas protetores: fundamentos para o uso racional*. Campinas: Emopi, 2003. p.121-32

BACHE, D. H. Prediction and analysis of spray penetration into plant canopies. In: *British Crop Protection Council Monograph*, n. 28. Croydon, England, 1985. p. 183 – 190

BOLLER, W.; CECCON, R.; MALDANER, H.; ARTUZI C. M. Aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja em seis horários ao longo de um dia. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, n. 38, 2010, Cruz Alta. *Atas e Resumos* . . . Cruz Alta: Fundacep, 2010. p.192.

BOLLER, W.; FERREIRA, C. M.; COSTA, I. D. Condições do ar e angulação das folhas influenciam a qualidade das pulverizações na cultura da soja. *Revista plantio direto*, Passo Fundo. n.121, p 33. jan/fev, 2011.

BOLLER, W. *Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários*. Apostila preparada para o curso de Pós-Graduação em agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo-RS. 2013.

BOLLER, W.; WITT, J. S. S.; BRUGNERA, E.; MOURA, B. Aplicações de fungicidas na cultura da soja em diferentes horários do dia, com e sem auxílio à barra de pulverização. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO. n. 6, 2013, Londrina/PR. *Resumos...*, Londrina, 2013.

BONINI, J.V. *Tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura da soja*. 67 p. 2003. Dissertação de mestrado em Agronomia/proteção de plantas. UFSM, Santa Maria/RS, 2003.

BLUM, M. M. C. *Sensibilidade de Phakopsora pachyrhizi a fungicidas*. 173p. Tese de doutorado em agronomia/fitopatologia. FAMV/UPF. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

BRASMAX SOJA. *Cultivares de soja - BMX Ativa RR*. Disponível em: <<http://www.brasmaxgenetica.com.br/producto.php?id=8&r=S>>. Acesso em: 24 nov. 2014a.

BRASMAX SOJA. *Cultivares de soja - BMX Veloz RR*. Disponível em: <<http://www.brasmaxgenetica.com.br/producto.php?id=2&r=S>>. Acesso em: 08 dez. 2014b.

BROMFIELD, K. R. *Soybean rust*. 1984. 63p. Monograph n. 11. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. 1984.

BUZZERIO, N. F. *In vitro agar plate test for Phakopsora pachyrhizi to strobilurin fungicides*. FRAC. Disponível em: <<http://www.frac.info/docs/default-source/monitoring-methods/phakpa-in-vitro-method-syngenta-2006-v1.pdf?sfvrsn=4>>. Acesso em: 03 nov. 2014.

CALDWELL, P.; LAING, M. *Soybeans rust - A new disease on the move*. 2002. Disponível em: <<http://plantpath.psu.edu/research/centers-and-institutes/ceal/research/soybean-rust/historical-risk-assessment/soybean-rust-risk-assessment>>. Acesso em: 18 jul. 2013.

CAUS, R.; BOLLER, W. *Horários de aplicação de fungicida, com e sem adição de fosfito de potássio, para o controle da ferrugem da soja*. Trabalho apresentado à disciplina de Experimentação Agrícola do Curso de Graduação em Agronomia da FAMV/UPF. Passo Fundo, 2008.

CHRISTOFOLETTI, J. C. *Manual Shell de máquinas e técnicas de aplicação de defensivos agrícolas*. São Paulo: Shell, 1992. 124p

CNPSO. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Soja Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Sistemas de Produção 14*. 2010.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Safra 2009/2010. Quarto levantamento, 2010. 39p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Safra 2010/2011. Décimo segundo levantamento, 2011. p. 41.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Décimo primeiro levantamento, 2014. 84 p.

COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; YORINORI, J. P. Perda de rendimento em grãos de soja causada pela ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). *Fitopatologia Brasileira*, v. 27, p. 100, 2002. Resumo.

DALLA FAVERA, D. *Pontas de pulverização e taxas de aplicação sobre o controle da ferrugem asiática em cultivares de soja com diferentes arquiteturas de planta*. 118p. Dissertação de mestrado (Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola). Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

DEBORTOLI, M. P. *Efeito dos espectros de gota associados a diferentes arquiteturas de cultivares de soja no controle da ferrugem*. 2011. 93 p. Tese de doutorado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

DERAL. Departamento de Economia Rural. Soja - *Análise da conjuntura agropecuária*. Disponível em: <[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja\\_\\_2013\\_14.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja__2013_14.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2014.

DIAS, W. P.; SILVA, F. V.; CARNEIRO, G. E. SO.; GARCIA, A.; ARIAS, C. A. A. *Nematoide de Cisto da Soja: Biologia e Manejo Pelo Uso da Resistência Genética*. Londrina: Embrapa Soja Brasil, 2009. (Circular Técnica, 76).

EDGINGTON, L. V.; KLEW, K. L. Fungitoxic spectrum of benzimidazole compounds. *Phytopathology*, n. 61, St. Paul, Minnesota, 1971. p. 42-44.

EHLERINGER, J. R.; FORSETH, I. N. *Solar tracking by plants*. Science, Hawthorn. n.210,1980. p.1094-1098.

EMBRAPA. *Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2004*. In: A soja no Brasil. Sistema de produção n. 1, 2004. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja>>. Acesso em: 02 nov. 2014.

EMBRAPA SOJA. Reunião do Consórcio Antiferrugem - Safra 2008-09. *Resumos*. ISSN 2176-2937 315. Londrina, outubro de 2009.

EMBRAPA SOJA. *Resistencia à ferrugem da soja - Embrapa soja, 2012*. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/download/Resistencia\\_ferrugem\\_soja.pdf](http://www.cnpso.embrapa.br/download/Resistencia_ferrugem_soja.pdf)>. Acesso em: 20 julho 2013.

EMBRAPA SOJA. *Eficiência de fungicidas para o controle de ferrugem-asiática da soja, Phakopsora pachyrhizi, na safra 2012/2013: resultados sumarizados dos ensaios comparativos*. Londrina, PR, 2013. ISSN 1516-7860, 2013.

EMBRAPA TRIGO. *Página inicial, unidade*. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/>>. Acesso em: 07 ago. 2013.

EMBRAPA TRIGO. *Inf. meteorológicas*. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/agromet.php>>. Acesso em: 9 dez. 2014.

FARIA, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. *Árvore do crescimento - Soja*. Ageitec - Agência Embrapa de Informação Tecnológica. EMBRAPA - Parque Estação Biológica - Brasília, DF. 2011.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. *Stages of soybean development*. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p. (Special Report, 80).

FRAC, Fungicide Resistance Action Committee. Disponível em: <<http://www.frac.info>>. Acesso em: 21 julho, 2013.

FUNDAÇÃO ABC. Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário. Rodovia PR 151 Km 288 - Cx. postal 1003 - CEP 84166-981 - Castro - PR. Disponível em: <<http://www.fundacaoabc.org.br>>.

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

GODOY, C. V.; DEL PONTE, E.; CANTERI, M. G. Epidemiologia da ferrugem da soja. In: II WORKSHOP DE EPIDEMIOLOGIA DE DOENÇAS DE PLANTAS, 2007. *Resumos...* Piracicaba: USP-Esalq, 2007. p. 77-81.

HIROMOTO, D. M.; CAMACHO, S. A. *Fundação MT em campo*. Boletim informativo - bimestral da Fundação MT. Fundação de Apoio a Pesquisa Agropecuária do Mato Grosso. Ano 05, n. 24, abril/maio de 2008.

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. *Economy Botanic*. University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois. v. 24, Issue 4, 1970. p. 408-421.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. In: PAM 2013: *Com preços convidativos, Brasil tem mais uma safra recorde de grãos em 2013*. Comunicação Social, 16 de dezembro de 2014.

KANTOLIC, A. G.; REIS, E. M.; CASA, R. T. *Doenças da soja: etiologia, sintomatologia, diagnose e manejo integrado*. Passo Fundo : Berthier, 2012. 436 p

KLFF. Kleffmann Group - *Informação estratégica especializada no agronegócio*. Disponível em: <[www.kleffmann.com.br](http://www.kleffmann.com.br)>. Acesso em: 26 out. 2014.

LEROUX, P.; WALKER, A-S. Multiple mechanisms account for resistance to sterol 14  $\alpha$ -demethylation inhibitors in field isolated of *Mycosphaerella graminicola*. *Pest Management Science*. v. 67, issue 1, p. 44-59. 2011.

MATUO, T. *Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas*. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139p.

MOREL, W. *Roya de la soja*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Subsecretaría de Agricultura. Capitán Miranda, Itapúa, Paraguay: CRIA, 2001. (Comunicado técnico - Serie Fitopatológica n.1).

OGLE, H. J.; BYTH, D. E.; MCLEAN, R. Effect of rust (*Phakopsora pachyrhizi*) on soybean yield and quality in South-eastern Queensland. *Australian Journal of Agricultural Research*, Acton, v. 30, p. 883-893. 1979.

OZKAN, H. E.; ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; GULER, H.; KRAUSE, C. *Evaluation of various spraying equipment for effective application of fungicides to control Asian soybean rust*. International advances in pesticide application. The Ohio State University, 2006. (Aspects of applied biology 77).

PACHEPSKY, L.B., KAUL, M., WALTHALL, C., LYDON, J., KONG, H., DAUGHTRY, C.S.T. Soybean growth and development visualized with L-systems simulations: Effect of temperature. *IJAB*, Faisalabad, v. 33, p. 31-47, 2004.

PEDERSEN, P., LAUER, J.G. Soybean growth and development in various management systems and planting dates. *Crop Science*. Minneapolis, v. 44, p. 508-515, 2004.

PRADO, E. P. *"Canopy opener" e assistência de ar no controle da ferrugem asiática e produtividade da cultura da soja*. 2012, 98p. Tese de doutorado em agronomia/proteção de plantas. UNESP, Botucatu, 2012.

LEIVA, P. D. *Concepto de Calidad de Aplicación en pulverización agrícola*. Pergamino, BA: INTA. 02477 - 15 - 6865 9 /439020. Diciembre, 2010.

REINHARDT, D.; KUHLEMEIER, C. Plant architecture. *EMBO reports*, Arlington, v.3, n. 9, p. 846- 851, 2002.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; MICHEL, C. Ocorrência de epidemia de ferrugem da soja no Rio Grande do Sul 2001/2002. *Fitopatologia brasileira*, Viçosa, v. 27, p.198-199. 2002. (Suplemento)

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R.; CARMONA, M. *Doenças da soja I: Ferrugem asiática*. Ed. 1. Passo Fundo: UPF, 2006. 48 p.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. A. Fungitoxidade e sensibilidade. In: *Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas*. 6. ed. Passo Fundo: UPF, 2010a. p. 26-29.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. A. Classificação dos fungicidas: uma nova abordagem. In: *Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas*. 6. ed. Passo Fundo: UPF, 2010b. p. 30 - 75.

REIS, E. M.; CASA, R. T. (Orgs.). Ferrugem asiática. In: *Doenças da soja*. Passo Fundo: Berthier, 2012. p. 69-101.

REIS, E. M.; SILVA, L. H. C. P.; SIQUEIRA, F. V.; SILVA, J. R. C. *Redução da sensibilidade de Phakopsora pachyrhizi a fungicidas e estratégias para recuperar a eficiência de controle*. Passo Fundo: Berthier, 2014. 56p.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. *How soybean plants develops*. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 20p. (Special Report).

ROESE, A.D. *O melhor fungicida contra a ferrugem asiática da soja*. 2011. Disponível em: <[http://infobibos.com/Artigos/2011\\_1/fungicida/index.htm](http://infobibos.com/Artigos/2011_1/fungicida/index.htm)>. Acesso em: 21 jul. 2013.

ROMAN, E. S. Tecnologia de aplicação de herbicida na dessecação de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. *Circular Técnica Online n. 1*. Nov./99. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_ci01\\_i.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_ci01_i.htm)>. Acesso em: 18 Janeiro, 2015.

ROSS, J. *The radiation regime and architecture of plant stands*. Junk, The Hague, The Netherlands, 1981.

ROSSI, R. First report *Phakospora pachyrhizi* the casual organism of soybean rust on the province of Misiones, Argentina. *Plant Disease*, St. Paul, v. 87, p. 102. 2003.

RUEDELL, J. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. *Revista Plantio Direto*. Passo Fundo: Aldeia Norte, ed. 72, novembro/dezembro de 2002.

RURAL BR. *Rio Grande do Sul lidera casos de ferrugem asiática na safra de soja 2012/2013*. Disponível em: <<http://sojabrasil.ruralbr.com.br/noticia/2013/02/rio-grande-do-sul-lidera-casos-de-ferrugem-asiatica-na-safra-de-soja-2012-2013-4035161.html>>. Acesso em: 02 nov., 2014.

RUSSEL, P. E. Sensitivity baselines in fungicide resistance research and management. *FRAC Monograph*, Cambridge CB2 5 AN, UK, n. 3, 2004.

SANTOS, O.S. *A cultura da soja – 1: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná*. Editora Globo, 299p. 1988.

SAS INSTITUTE INC. User's guide. SAS/STAT® 13.1 Cary, NC: SAS Institute Inc. Copyright © 2013, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. United States of America.

SINCLAIR, J. B.; G. L. HARTMAN. *Soybean rust workshop, 9-11*. College of Agriculture, Consumer, and Environmental Sciences, National Soybean Research Laboratory. n.1, Urbana, IL, 1996.

SPILLMAN, J. J. Spray impaction, retention and adhesion: an introduction to basic characteristics. *Pesticide Science*. Japan, v. 15, p. 97-106, 1984.

USDA, 2004. United States Department of Agriculture. *USDA confirms soybean rust in United States*. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?contentid=2004/11/0498.xml>>. Acesso em: 18, nov. 2014.

USDA. United States Department of Agriculture. *World Agricultural Supply and Demand Estimates*. WASDE 530, ISSN: 1554-9089. June 11, 2014.

VAKILI, N. G.; BROMFIELD, K. R. Phakopsora rust in soybeans and other legumes in Puerto Rico. *Plant Disease*. St. Paul, v. 60, p. 995-999. 1976.

VARGAS, L.; GLEBER, L. *Sistema de produção de ameixa européia - tecnologia de aplicação*. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ameixa/AmeixaEuropeia/tecnologia.htm>>. Acesso em: 28 nov. 2014.

WITT, J. S. da S.; BOLLER, W.; ARAÚJO, E. C.; RODIGHIERO, C. P.; MALDANER, H.; CECCON, R. Desenvolvimento de mecanismo para auxiliar a deposição de gotas no interior do dossel da cultura da soja com pulverizador de barras. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, n. 37, 2009, Porto Alegre. *Atas e resumos...* Porto Alegre: UFRGS, 2009.

WITT, J. S. da S.; BOLLER, W.; MALDANER, H.; CECCON, R.; ARTUZI, C. M. Mecanismo de cortina de correntes para pulverizador de barras aumenta o controle da ferrugem da soja. IN: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. n. 38, 2010, Cruz Alta. *Atas e resumos . . .* Cruz Alta: Fundacep, 2010.

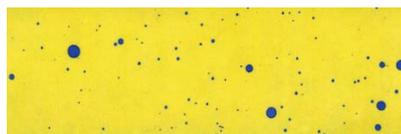
YORINORI, J. T. Ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): ocorrência no Brasil e estratégias de manejo. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE DOENÇAS DA CULTURA DA SOJA, 2. n.1. *Resumos de Palestras. . .* Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, p.47-54. 2002.

ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E.; REDING, M. E.; KRAUSE, C. R. Development of a Canopy Opener to Improve Spray Deposition and Coverage Inside Soybean Canopies: Part 1. Mathematical models to assist opener development. *Transactions of the ASABE*. Columbus, v. 51, n. 6, p. 1913-1922. 2008a.

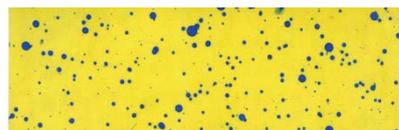
ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E.; REDING, M. E.; KRAUSE, C. R. Development of a Canopy Opener to Improve Spray Deposition and Coverage Inside Soybean Canopies: Part 2. Opener design with field experiments. *Transactions of the ASABE*. Columbus, v. 51, n. 6, p. 1913-1922. 2008b.

## APÊNDICES

**APÊNDICE I** - Cartões sensíveis colocados na entrelinha de plantio no momento da aplicação dos tratamentos no estágio fenológico R4. Cultivar BMX Ativa RR. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2014.



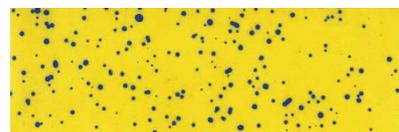
**6:00S - R4**



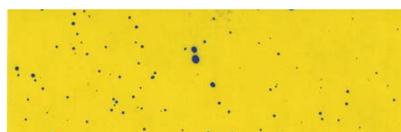
**6:00C - R4**



**9:00S - R4**



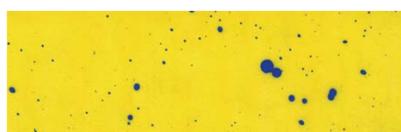
**9:00C - R4**



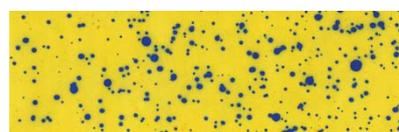
**12:00S - 4R**



**12:00C - 4R**



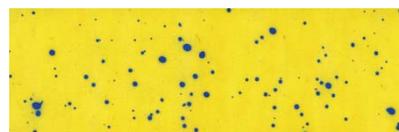
**15:00S - 4R**



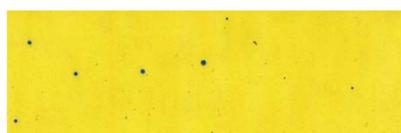
**15:00C - 4R**



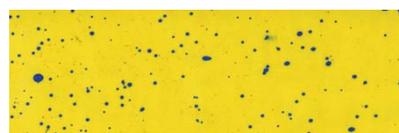
**18:00S - R4**



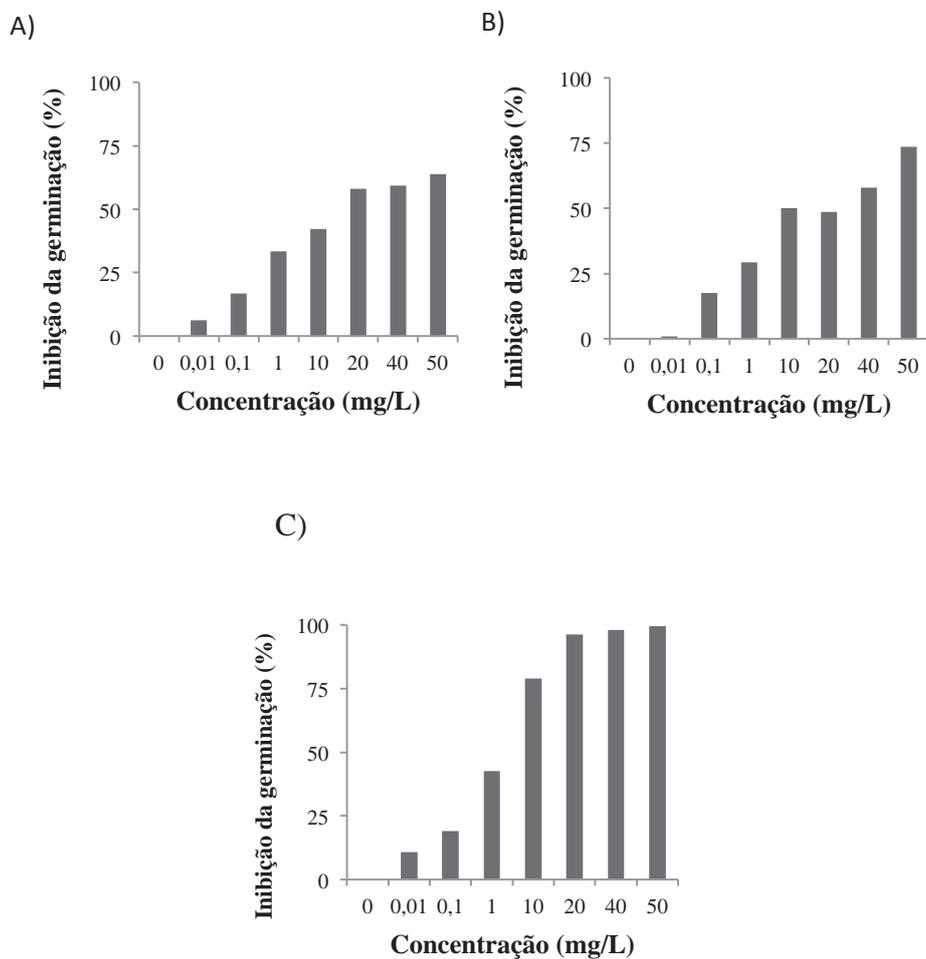
**18:00C - R4**



**21:00S - R4**

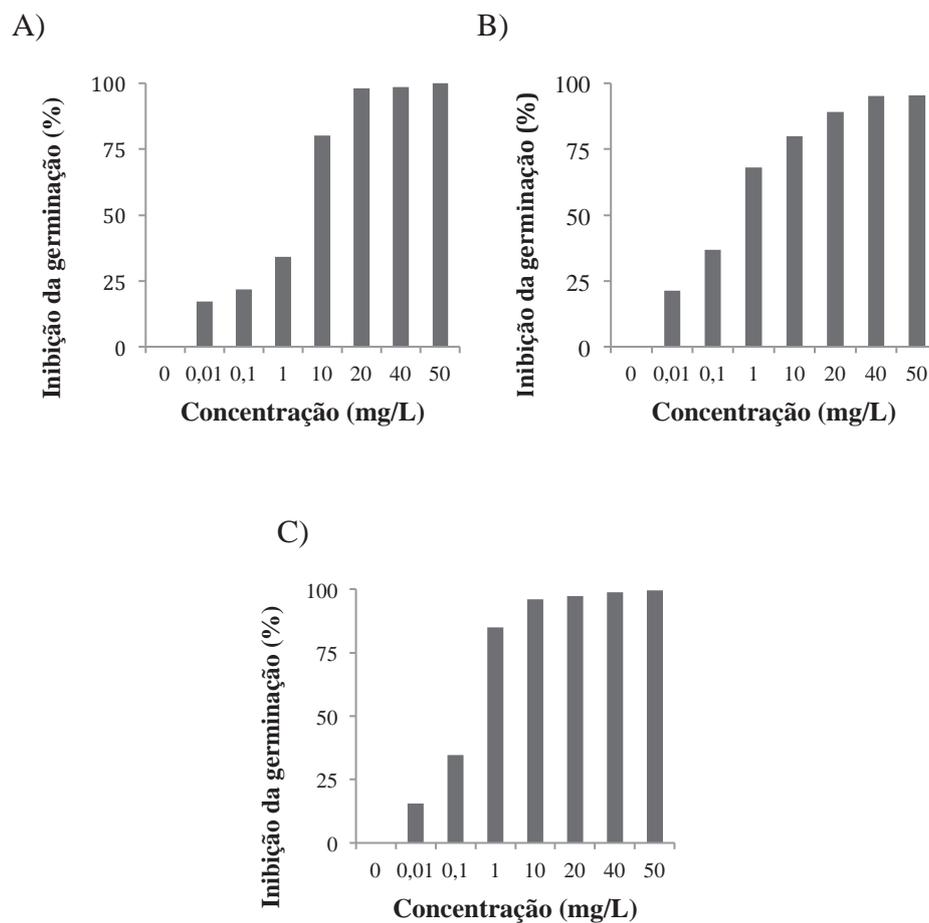


**21:00C - R4**

**APÊNDICE II** - Fungicida epoxiconazol (12,5% SC)

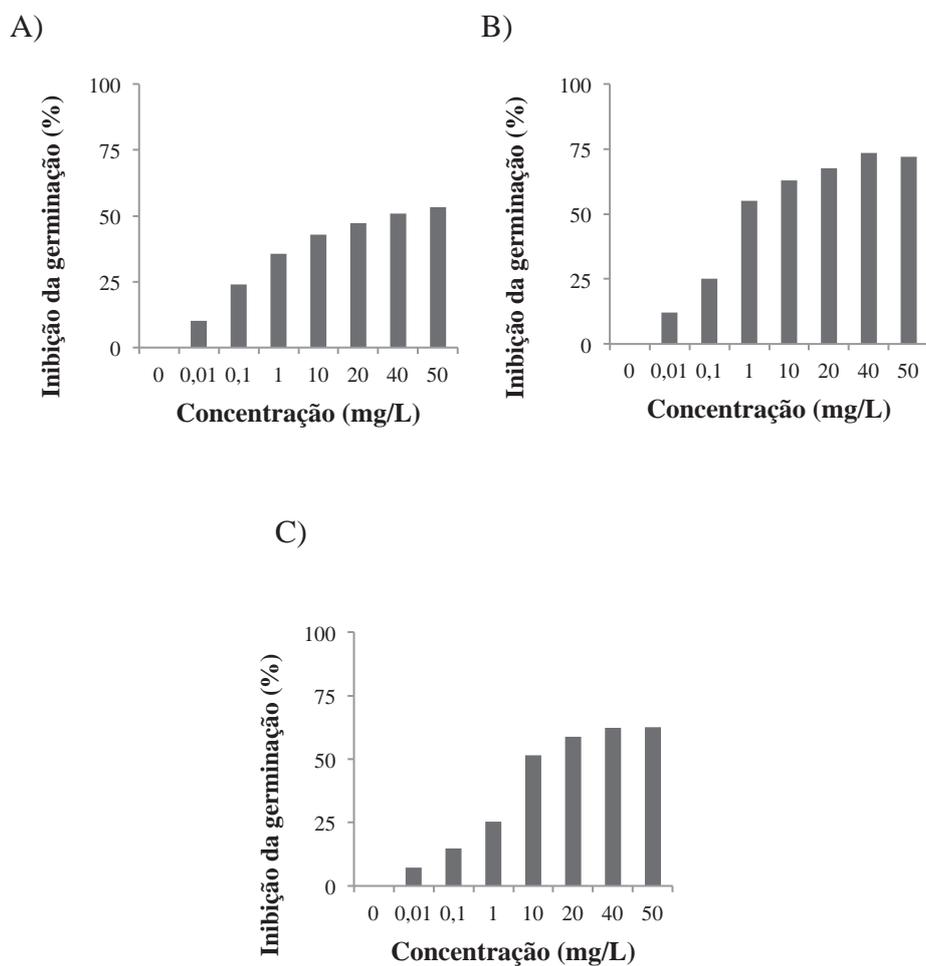
**Figura 1** - Inibição da germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* (teste *in vitro*) com inóculo de três localidades: A) Passo Fundo/RS, B) Ponta Grossa/PR e C) Primavera do Leste/MT. Média de dois ensaios (ágar-água e ágar-extrato de folhas frescas), após seis horas de exposição ao fungicida epoxiconazol em diferentes concentrações, na ausência de luz e temperatura de 22 °C.

### APÊNDICE III - Fungicida piraclostrobina (25,0% EC)

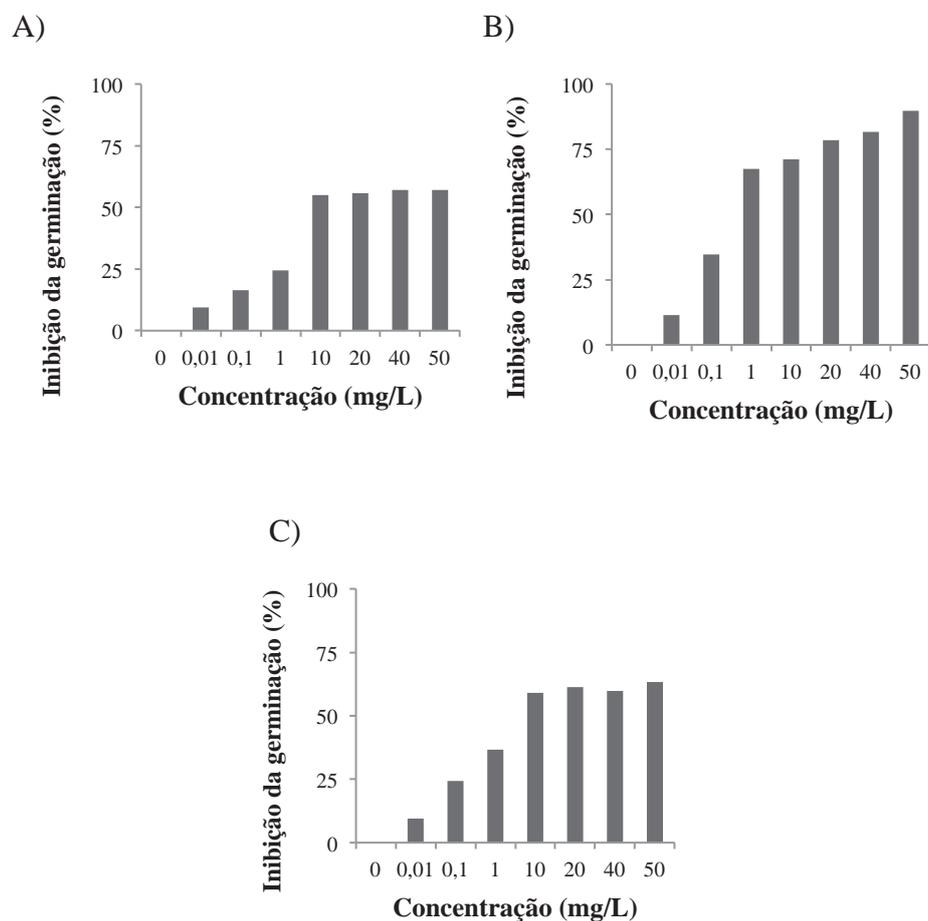


**Figura 2** - Inibição da germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* (teste *in vitro*) com inóculo de três localidades: A) Passo Fundo/RS, B) Ponta Grossa/PR e C) Primavera do Leste/MT. Média de dois ensaios (ágar-água e ágar-extrato de folhas frescas), após seis horas de exposição ao fungicida piraclostrobina em diferentes concentrações, na ausência de luz e temperatura de 22 °C.

## APÊNDICE IV - Fungicida azoxistrobina (25,0% SC).

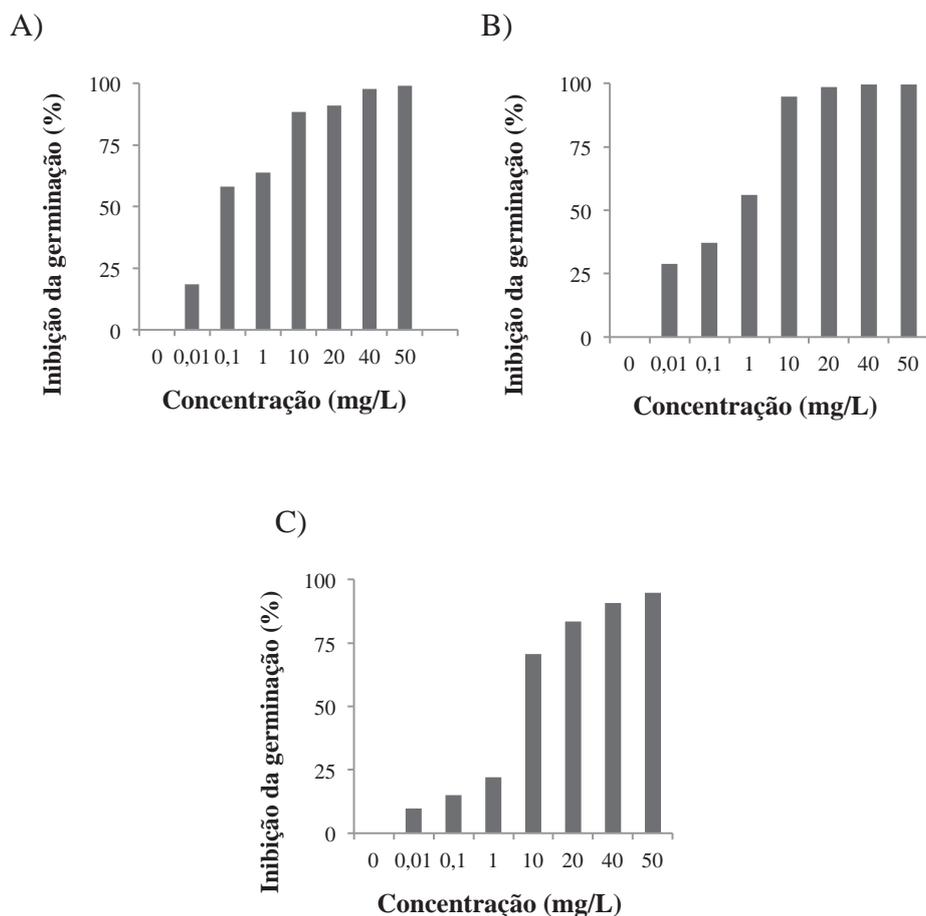


**Figura 3** - Inibição da germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* (teste *in vitro*) com inóculo de três localidades: A) Passo Fundo/RS, B) Ponta Grossa/PR e C) Primavera do Leste/MT. Média de dois ensaios (ágar-água e ágar-extrato de folhas frescas), após seis horas de exposição ao fungicida azoxistrobina em diferentes concentrações, na ausência de luz e temperatura de 22 °C.

**APÊNDICE V** - Fungicida trifloxistrobina (50,0% GDA).

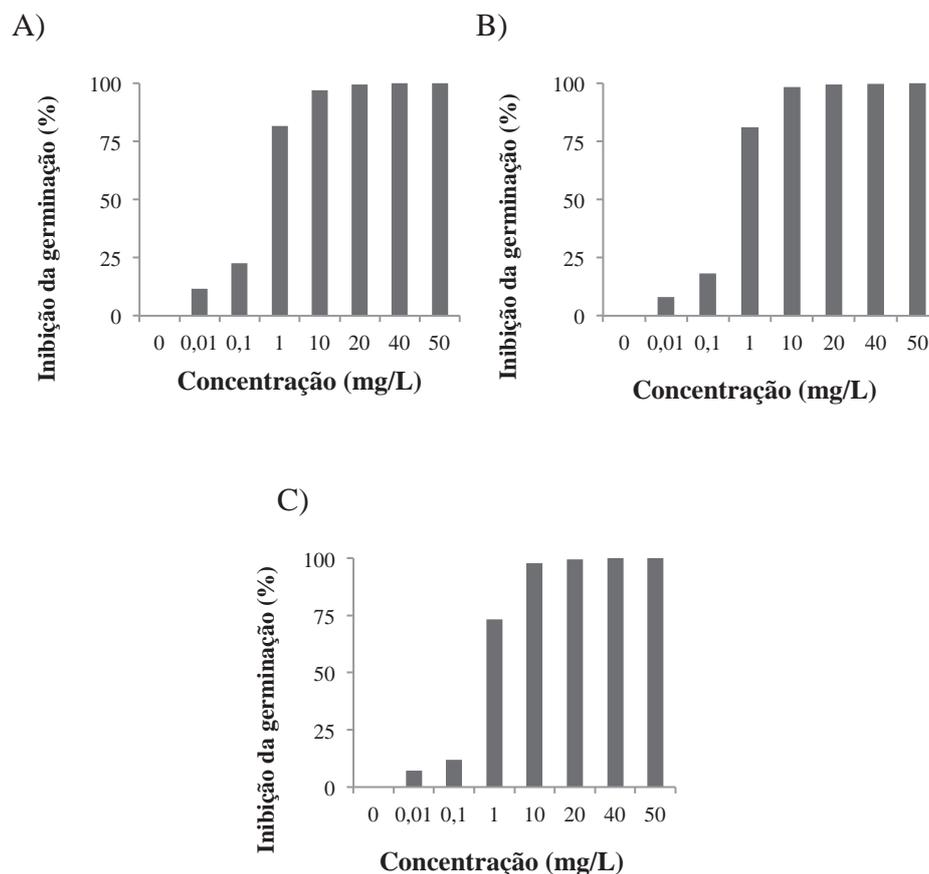
**Figura 4** - Inibição da germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* (teste *in vitro*) com inóculo de três localidades: A) Passo Fundo/RS, B) Ponta Grossa/PR e C) Primavera do Leste/MT. Média de dois ensaios (água-água e água-extrato de folhas frescas), após seis horas de exposição ao fungicida trifloxistrobina em diferentes concentrações, na ausência de luz e temperatura de 22 °C.

**APÊNDICE VI** - Fungicida piraclostrobina (13,3% SE) + epoxiconazol (5,0% SE).



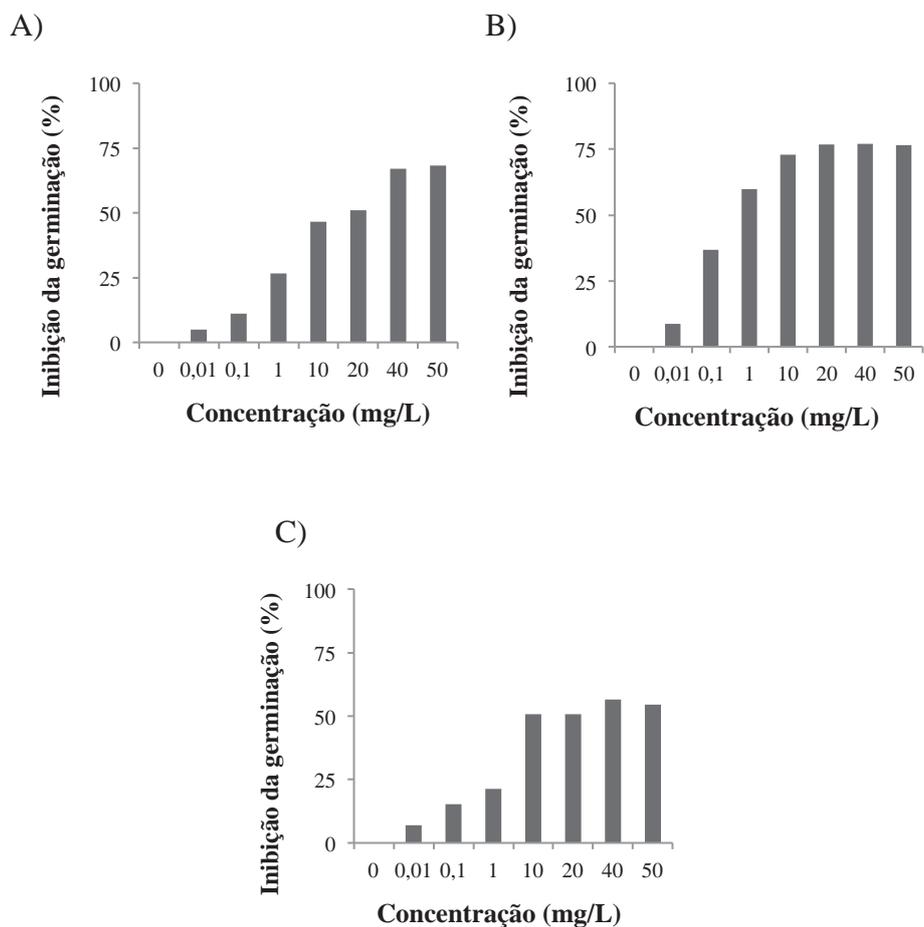
**Figura 5** - Inibição da germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* (teste *in vitro*) com inóculo de três localidades: A) Passo Fundo/RS, B) Ponta Grossa/PR e C) Primavera do Leste/MT. Média de dois ensaios (ágar-água e ágar-extrato de folhas frescas), após seis horas de exposição ao fungicida piraclostrobina + epoxiconazol em diferentes concentrações, na ausência de luz e temperatura de 22 °C.

**APÊNDICE VII** - Fungicida trifloxistrobina (15,0% SC) + protioconazol (17,5% SC).



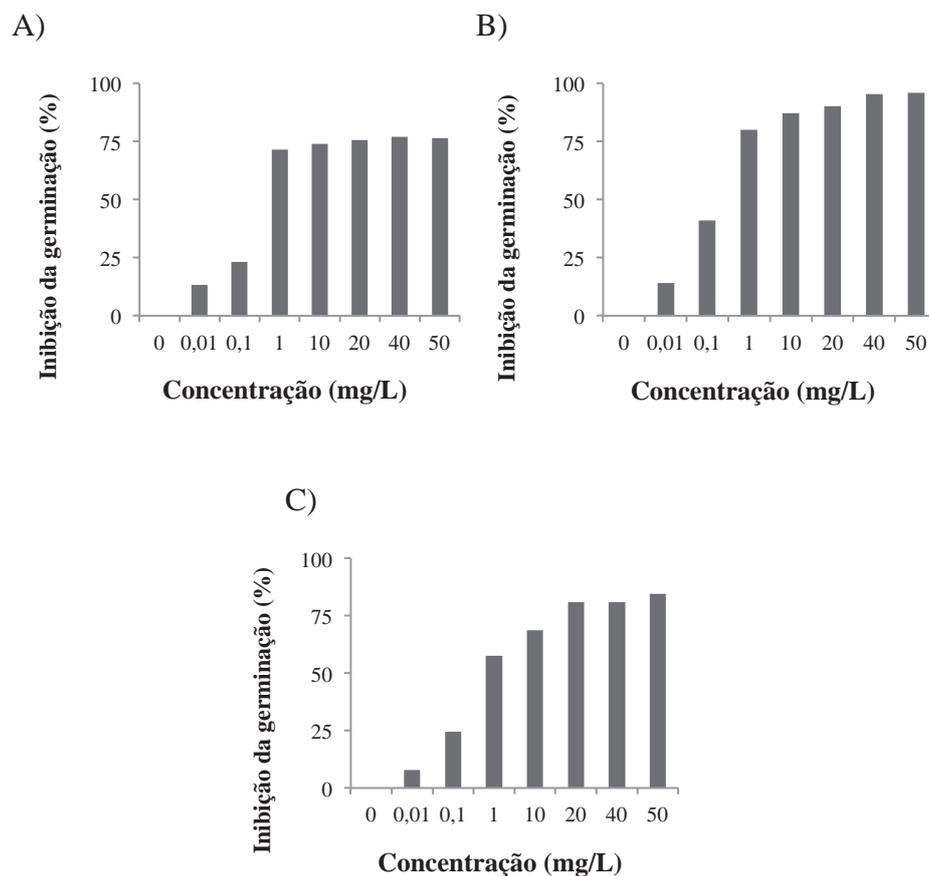
**Figura 6** - Inibição da germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* (teste *in vitro*) com inóculo de três localidades: A) Passo Fundo/RS, B) Ponta Grossa/PR e C) Primavera do Leste/MT. Média de dois ensaios (água-água e água-extrato de folhas frescas), após seis horas de exposição ao fungicida trifloxistrobina + protioconazol em diferentes concentrações, na ausência de luz e temperatura de 22 °C.

**APÊNDICE VIII** - Fungicida piraclostrobina (33,3% SC) + fluxapiroxade (16,7%).



**Figura 7** - Inibição da germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* (teste *in vitro*) com inóculo de três localidades: A) Passo Fundo/RS, B) Ponta Grossa/PR e C) Primavera do Leste/MT. Média de dois ensaios (água-água e água-extrato de folhas frescas), após seis horas de exposição ao fungicida piraclostrobina + fluxapiroxade em diferentes concentrações, na ausência de luz e temperatura de 22 °C.

**APÊNDICE IX** - Fungicida azoxistrobina ( 30,0% WG) + benzovindiflupir (15,0% WG).



**Figura 8** - Inibição da germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* (teste *in vitro*) com inóculo de três localidades: A) Passo Fundo/RS, B) Ponta Grossa/PR e C) Primavera do Leste/MT. Média de dois ensaios (ágar-água e ágar-extrato de folhas frescas), após seis horas de exposição ao fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir em diferentes concentrações, na ausência de luz e temperatura de 22 °C.