



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

GUSTAVO MIGLIORINI DE OLIVEIRA

**MOMENTOS, DOSES E TAXAS DE APLICAÇÃO DE  
FUNGICIDA NO CONTROLE DA FERRUGEM DA FOLHA  
(*Puccinia triticina*) E MANCHA AMARELA (*Pyrenophora  
tritici repentis*) DO TRIGO**

GUSTAVO MIGLIORINI DE OLIVEIRA

**MOMENTOS, DOSES E TAXAS DE APLICAÇÃO DE  
FUNGICIDA NO CONTROLE DA FERRUGEM DA FOLHA  
(*Puccinia triticina*) E MANCHA AMARELA (*Pyrenophora  
tritici repentis*) DO TRIGO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, da Universidade  
Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Otavio Jorge Grigoli Abi  
Saab

Londrina  
2012

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

O48m Oliveira, Gustavo Migliorini de.  
Momentos, doses e taxas de aplicação de fungicida no controle da ferrugem da folha (*Puccinia triticina*) e mancha amarela (*Pyrenophora tritici repentis*) do trigo / Gustavo Migliorini de Oliveira. – Londrina, 2012. 65 f. : il.

Orientador: Otávio Jorge Grigoli Abi-Saab.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2012.  
Inclui bibliografia.

1. Fungicidas – Aplicação – Teses. 2. Pulverização – Teses. 3. Trigo – Doenças e pragas – Teses. 4. Fungos da ferrugem – Teses. I. Abi-Saab, Otávio Jorge Grigoli. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 632.952

GUSTAVO MIGLIORINI DE OLIVEIRA

**MOMENTOS, DOSES E TAXAS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NO CONTROLE  
DA FERRUGEM DA FOLHA (*Puccinia triticina*) E MANCHA AMARELA  
(*Pyrenophora tritici repentis*) DO TRIGO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Otavio Jorge Grigoli Abi Saab  
(orientador)  
UEL – Londrina - Pr

---

Prof. Dr. Seiji Igarashi  
UEL – Londrina - Pr

---

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Balan  
UEM – Maringá - Pr

---

Prof. Dr. Otavio Jorge Grigoli Abi Saab  
Orientador  
UEL – Londrina - Pr

Londrina, 16 de fevereiro de 2012.

## AGRADECIMENTOS

Gratidão é um dos sentimentos mais nobres do ser humano, porém explicitá-la de maneira fiel é extremamente difícil, uma vez que este sentimento está totalmente ligado com a percepção de cada indivíduo em um determinado momento. Assim deixo claro que possam ocorrer alguns erros durante os agradecimentos, devido principalmente ao uso da palavra, mas todos aqui citados são de suma importância para minha pessoa, cada uma ao seu modo. Assim agradeço:

Primeiramente à Deus e Nossa Senhora Aparecida por estarem sempre presentes em todos os momentos da minha vida, sempre dando-me poder e força para superar todos os obstáculos de minha caminhada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida, tornando possível a realização desta pós graduação.

Ao meu orientador Otavio J.G. Abi Saab, pela orientação e ajuda na formação de minha opinião crítica no meio acadêmico, mas sobretudo, pela amizade sincera para com a minha pessoa desde o primeiro contato no banco da Universidade.

Ao Seiji Igarashi, Lenio C.M. Camargo, Israel G. Souza e Marcelo G. Balan, amigos os quais fiz desde a chegada em Londrina, e que agradeço imensamente pelo privilégio de conviver intensamente e pelo aprendizado adquirido por tal convívio.

À Inês C.B. Fonseca por ser sempre solícita em minhas dúvidas acerca da estatística deste trabalho, bem como os demais professores que contribuíram, mesmo que indiretamente, para minha formação acadêmica.

Ao Diego Dionísio Pereira, pela amizade, companheirismo e ajuda na condução dos experimentos constantes nesta dissertação, ao qual eu sou muito grato.

Em especial, à Josiane Fukami pela consideração, paciência, conselhos e força transmitidos à minha pessoa, a qual serei eternamente agradecido.

Finalmente à todas as demais pessoas que participaram comigo neste mestrado, principalmente aquelas de meu convívio pessoal e pensamentos. Que todos vocês tenham a certeza que sempre poderão sempre contar comigo em suas alegrias e aflições que porventura possam os acometer.

*“A confiança é um ato de fé e esta dispensa raciocínio”. (Carlos Drummond de Andrade em O Avesso das Coisas, p.46).*

OLIVEIRA, Gustavo Migliorini de Oliveira. **Momentos, doses e taxas de aplicação de fungicida no controle da ferrugem da folha (*Puccinia triticina*) e mancha amarela (*Pyrenophora tritici repentis*) do trigo**. 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

## RESUMO

O controle químico tem importante papel na triticultura brasileira, decorrente principalmente das doenças que assolam a cultura. Todavia, estudos relativos ao momento e tecnologia de aplicação, especialmente ligadas a taxa de aplicação e dose de fungicida, não são uma constante no contexto atual do manejo das enfermidades da cultura. Baseado nisto, conduziu-se três experimentos a fim de estudar momentos, doses e taxas de aplicação de fungicida para o controle da ferrugem da folha (*P. triticina*) e mancha amarela do trigo (*P. triti-repentis*). Os experimentos foram conduzidos na Universidade Estadual de Londrina, safra de 2010. Utilizou-se o coletor de esporos SIGA associado à dados climáticos e de previsão de tempo para auxiliar na tomada de decisão das aplicações de fungicidas. O primeiro experimento relativo ao momento de aplicação foi efetuado para o controle da ferrugem da folha no cultivar CD 104 - altamente susceptível a tal doença. Os tratamentos deste experimento constituíram-se de aplicações de fungicida (epoxiconazol + piraclostrobina) após 7, 14 e 21 dias após a manifestação sintomática no campo. O segundo e o terceiro experimento, cultivares CD 104 e BRS 208, respectivamente, tiveram o objetivo de estudar a dose e taxa de aplicação de fungicida. No segundo, o delineamento experimental foi o fatorial 3 x 3 + testemunha sem controle, envolvendo os fatores dose (0,25, 0,30 e 0,35 L.ha<sup>-1</sup>) e taxa de aplicação (143, 286 e 429 L.ha<sup>-1</sup>), já no terceiro o delineamento experimental foi o fatorial 2 x 2 + testemunha sem controle, concernente aos fatores dose (0,2 e 0,3 L.ha<sup>-1</sup>) e taxa de aplicação (143 e 286 L.ha<sup>-1</sup>). Nestes dois últimos experimentos usou-se o fungicida ciproconazol + azoxistrobina. Em todos os experimentos o desenvolvimento das doenças foi avaliado periodicamente por meio do percentual de severidade das doenças, calculando-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), bem como os índices de produtividades (kg.ha<sup>-1</sup>) e peso hectolitro (g). O experimento referente ao momento de aplicação no controle da ferrugem da folha do trigo demonstrou estatisticamente que o nível de severidade da doença aumentou com o atraso nas aplicações de fungicidas a partir dos 7 dias, ocasionando danos consideráveis à produtividade. Quanto aos experimentos relativos a dose e taxa de aplicação de fungicida, os resultados não evidenciaram nenhuma interação entre a dose e taxa de aplicação para nenhum dos experimentos, ou seja não houve efeito da concentração de fungicida na calda de pulverização. A taxa de aplicação e a dose de fungicida, em ambos os experimentos, somente exerceram influencia no controle da mancha amarela do trigo, cujo uso de maiores taxas e doses mostraram-se mais eficientes. No entanto, não foi verificado diferenças significativas para produtividade e peso hectolitro.

**Palavras – chave:** Tecnologia de aplicação. Controle químico. Pulverização. Momento biológico de controle. Concentração de calda.

OLIVEIRA, Gustavo Migliorini de Oliveira. **Timing, dose and spray rate of fungicides in the control of leaf spot (*Puccinia triticina*) and yellow spot (*Pyrenophora tritici repentis*) of wheat.** 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

## ABSTRACT

Chemical control has an important role in the Brazilian's wheat field, mainly because of the diseases that attack the crop. However, studies involving timing of application and spray technology - especially related to spray rates and dose of fungicide - are not a constant at the current management of wheat diseases. Based on this, it was conducted three experiments to study timing, doses and spray rates of application of fungicide to control leaf rust (*P. triticina*) and yellow spot (*P. tritici-repentis*) of wheat. The experiments were conducted at the State University of Londrina, 2010. It was used collector of spores SIGA associated with climate data and weather prediction to aid in the decision of the spray of fungicides. The first experiment concerning about timing of application was made to control leaf rust in the CD 104 cultivar - highly susceptible to this disease. The treatments of this experiment consisted of applications of fungicide (epoxiconazole + pyraclostrobin) after 7, 14 and 21 days after symptoms. The second and third experiment, CD 104 and BRS 208, respectively, studied dose and spray rate of fungicide. In the second, experimental design was a factorial 3 x 3 + untreated control, involving the factors dose (0,25, 0,30 and 0,35 L.ha<sup>-1</sup>) and spray rate (143, 286 and 429 L.ha<sup>-1</sup>). In the third experiment the experimental design was a factorial 2 x 2 + untreated control, involving the factors dose (0.2 and 0.3 L.ha<sup>-1</sup>) and spray rate (143 and 286 L.ha<sup>-1</sup>). In these last two experiments it was used the fungicide azoxystrobin + cyproconazole. In all of the experiments, the development of the diseases was accomplished through periodic evaluations about the percentage of severity, calculating after the area under the disease progress curve (AUDPC). It were also measured the yield (kg ha<sup>-1</sup>) and hectolitre weight (g). The experiment related about timing of application (leaf rust control) has shown statistically that the level of disease severity increased with the delay in the applications of fungicides from 7 days, causing considerable damage to yield. In the experiments about dose and spray rate of fungicide, the results showed any interaction between dose and spray rate for the two experiments, which denoted that there wasn't effect of fungicide concentration in the spray. The spray rate and the dose of fungicide, in both experiments, just show influence in the control of yellow spot of wheat. The use of higher rates and doses were more effective. However, no significant differences was found for yield and hectolitre weight.

**Key – words:** Application technology. Chemical control. Spray. Moment of application. Concentration solution.

## LISTA DE FIGURAS

### Artigo A

- Figura 3.1** – Dados diários de precipitação (mm) e temperatura (°C) relacionados à detecção dos primeiros esporos e sintomas da ferrugem da folha e mancha amarela do trigo, em Londrina-PR – safra 2010. trigo, Londrina, 2010 .....35
- Figura 3.2** – Curvas de progresso da doença observadas para diferentes momentos de aplicação de fungicida para o controle da ferrugem da folha, Londrina-PR, 2010 .....37
- Figura 3.3** – Regressão dos índices de produtividade em função do atraso em dias da aplicação de fungicida .....39

### Artigo B

- Figura 4.1** – Dados diários de precipitação (mm) e temperatura (°C) relacionados ao surgimento dos primeiros esporos e sintomas da ferrugem da folha (*P. triticina*) e da mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*), em Londrina-PR – safra 2010 .....47
- Figura 4.2** – Curvas de progresso da doença da ferrugem da folha (*P. triticina*) em função das doses e taxas de aplicação de fungicida testados, Londrina-PR, 2010 .....53
- Figura 4.3** – Curvas de progresso da mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*) em função da doses e taxas de aplicação de fungicida testados.....53
- Figura 4.4** – AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença) em função da dose e taxa de aplicação de fungicida. A (ferrugem da folha do trigo - CD 104). B (mancha amarela do trigo - BRS 208) .....55

## LISTA DE TABELAS

### Artigo A

- Tabela 3.1** – Datas e condições climáticas observadas durante as aplicações de fungicida para os três diferentes momentos de aplicação estudados para o controle da ferrugem da folha do..... 34
- Tabela 3.2** – Área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD) e porcentagem (%) de controle em relação à testemunha sem controle, em função de diferentes momentos de aplicação de fungicida para o controle da ferrugem da folha do trigo, Londrina-PR, 2010 .....36
- Tabela 3.3** – Produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), diferença de produtividade ( $\Delta$ ) ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em relação à testemunha sem controle e peso hectolitro (g), em função de diferentes momentos de aplicação de fungicida para o controle da ferrugem da folha do trigo, Londrina-PR, 2010 .....37

### Artigo B

- Tabela 4.1** – Datas e condições climáticas observadas durante as aplicações de fungicida dos tratamentos estudados para o controle da ferrugem da folha (*P. triticina*) e mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*), Londrina-PR, 2010 .....46
- Tabela 4.2** – Valores de probabilidade de F obtidos da análise de variância do fatorial dose x taxa de aplicação de fungicida para AACPD, severidade da mancha amarela (*P. tritici-repentis*) na folhas bandeiras nos estádio de grãos leitosos e grãos em massa, produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e psso hectolitro (g) .....48
- Tabela 4.3** – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em função da dose (0,25, 0,30 e 0,35  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e da taxa de aplicação (143, 286 e 429  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de fungicida para o controle da ferrugem da folha do trigo (*P. triticina*), Londrina-PR, 2010 .....49

<b>Tabela 4.4</b> – Severidade da mancha amarela trigo ( <i>P. tritici-repentis</i> ) na folha bandeira em função da dose (0,25, 0,30 e 0,35 L.ha <sup>-1</sup> ) e da taxa de aplicação (143, 286 e 429 L.ha <sup>-1</sup> ) de fungicida, nos estádios fenológicos de grãos leitosos e em massa, Londrina-PR, 2010.....	49
<b>Tabela 4.5</b> – Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> ) e peso hectolitro (g) em função da dose (0,25, 0,30 e 0,35 L.ha <sup>-1</sup> ) e da taxa de aplicação (143, 286 e 429 L.ha <sup>-1</sup> ) de fungicida para o controle da ferrugem da folha ( <i>P. triticina</i> ) e mancha amarela do trigo ( <i>P. tritici-repentis</i> ), Londrina-PR, 2010 .....	50
<b>Tabela 4.6</b> – Valores de probabilidade de F obtidos da análise de variância do fatorial dose x taxa de aplicação de fungicida para AACPD, produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> ) e psso hectolitro (g) .....	50
<b>Tabela 4.7</b> – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em função da dose (0,20 e 0,30 L.ha <sup>-1</sup> ) e da taxa de aplicação (143 e 286 L.ha <sup>-1</sup> ) de fungicida no controle da mancha amarela ( <i>P. tritici-repentis</i> ), Londrina-PR, 2010.....	51
<b>Tabela 4.8</b> – Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> ) e peso hectolitro (g) em função da dose (0,20 e 0,30 L.ha <sup>-1</sup> ) e da taxa de aplicação (143 e 286 L.ha <sup>-1</sup> ) de fungicida para o controle da mancha amarela do trigo ( <i>P. tritici-repentis</i> ), Londrina-PR, 2010.....	51

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
2.1 DOENÇAS DO TRIGO.....	15
2.1.1 Aspectos Gerais .....	15
2.1.2 Ferrugem da Folha do Trigo ( <i>Puccinia triticina</i> ).....	16
2.1.3 Mancha Amarela do Trigo ( <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> ) .....	18
2.2 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO .....	19
2.2.1 Aspectos Gerais .....	20
2.2.2 Controle Químico – Fungicidas .....	22
2.2.3 Tecnologia de Aplicação em Trigo .....	23
2.2.4 Momento Biológico de Controle .....	25
2.2.5 Concentração de Ingrediente Ativo na Calda de Pulverização.....	27
<b>3 ARTIGO A – CONTROLE DA FERRUGEM DA FOLHA DO TRIGO (<i>Puccinia triticina</i>) EM DIFERENTES MOMENTOS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA DETERMINADOS COM O AUXÍLIO DO COLETOR DE ESPOROS SIGA</b> .....	30
3.1 INTRODUÇÃO .....	31
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
3.4 CONCLUSÃO .....	40
<b>4 ARTIGO B – DOSE E TAXA DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NO CONTROLE DA FERRUGEM DA FOLHA (<i>Puccinia triticina</i>) E DA MANCHA AMARELA DO TRIGO (<i>Pyrenophora tritici repentis</i>)</b> .....	41
4.1 INTRODUÇÃO .....	42
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	43
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	46
4.3.1 Experimento 1 .....	47
4.3.2 Experimento 2 .....	50

4.3.3 Discussão .....	52
4.4 Conclusão .....	57
<b>5 CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é cultivado desde a região sul até a centro-oeste do Brasil, sendo o Paraná o principal estado produtor. No entanto, a exploração da cultura pelos agricultores é vista como de alto risco, decorrente principalmente do baixo preço de comercialização, perdas de produtividade oriundas de geadas e/ou secas prolongadas, ou até mesmo pela ocorrência epidêmica de doenças em função de condições de alta precipitação e umidade.

Inúmeras são as doenças que podem acometer o trigo. Dentre as de maior destaque no tocante ao dano causado estão: ferrugem da folha (*Puccinia triticina* Eriks); oídio (*Blumeria graminis*); mancha da gluma (*Phaeosphaeria nodorum*); mancha marrom (*Cochliobolus sativus*); mancha amarela (*Pyrenophora tritici-repentis*); giberela (*Gibberella zeae*); e a brusone (*Magnaporthe grisea*).

A ocorrência epidêmica de tais enfermidades está eminentemente ligada às condições ambientais (climáticas + edáficas) de cultivo. Neste contexto, a ferrugem da folha (*P. triticina*) e a mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*) são as principais doenças que atacam a cultura, por serem observadas, não necessariamente de forma epidêmica, em todos os anos de cultivo entre os cultivares susceptíveis. Neste sentido, o uso de fungicidas torna-se constante nos campos de produção.

A aplicação de fungicidas é, sem dúvida, um dos mais importantes métodos de controle de doenças do trigo na atualidade, devido principalmente a praticabilidade de uso e eficácia de controle – redução nas perdas ocasionadas pelas doenças. Entretanto, diversos outros fatores estão associados ao produto fitossanitário quanto à eficácia, por exemplo, momento biológico de controle, ingrediente ativo e dose aplicada, além, sobretudo, da tecnologia de aplicação adotada.

O momento biológico de controle é essencial, uma vez que os fungicidas atuais são preponderadamente preventivos quanto a sua máxima ação fungistática. Entretanto, as aplicações atualmente são realizadas de forma calendarizada - a partir de um determinado estágio fenológico - o que tende a aumentar o custo de produção devido a aplicações desnecessárias. Tais aplicações estão sujeitas ainda a um baixo nível de controle, decorrente da metabolização do

fungicida no interior das células vegetais, quando de uma eventual infecção do patógeno posteriormente a aplicação.

Inseridos neste contexto, estão os sistemas de previsão de doenças, por exemplo, o coletor de esporos SIGA, que tem como prerrogativa fornecer informações acerca de uma eventual manifestação da doença no campo antes de sua observação sintomática, auxiliando assim o produtor rural no planejamento e tomada de decisão quanto ao melhor momento para a aplicação de fungicida.

O ingrediente ativo e a sua respectiva dose aplicada estão relacionados, por sua vez, tanto a eficácia de controle de uma dada determinada doença, como também a possibilidade de resistência desta doença ao fungicida utilizado. A resistência se deve principalmente a pressão de seleção de organismos geneticamente resistentes a partir do uso de mesmos ingredientes ativos ou grupos químicos no campo, aliado ao uso de doses acima ou abaixo da recomendação do fabricante.

Já a tecnologia de aplicação está atrelada a forma pelo qual se dá o processo de aplicação, tendo como principal objetivo colocar o ingrediente ativo da maneira mais eficiente sobre o alvo objetivado para sua respectiva ação de controle. Neste sentido, parâmetros como percentual de cobertura, deposição e penetração das gotas pulverizadas sobre o alvo são importantes na avaliação das aplicações, além, da eficácia de controle proporcionada pela aplicação.

Dentre os fatores que podem ser alterados no processo de aplicação de fungicida para equipamentos de barra, encontra-se a taxa de aplicação ( $L \cdot ha^{-1}$ ). Ela é determinada em função do espaçamento entre pontas de pulverização, tipo de ponta utilizada, pressão de trabalho e velocidade de deslocamento do pulverizador. Quanto maior a taxa de aplicação, maior é o percentual de cobertura e penetração das gotas no alvo, até o ponto em que possa haver escorrimento das gotículas na superfície do alvo. Porém, com o aumento da taxa de aplicação reduz-se a concentração de fungicida na calda (possibilidade de redução na absorção) e menor é a eficiência operacional da aplicação (aumento no número de reabastecimentos).

Baseado em todos estes aspectos, este trabalho teve o objetivo de estudar os efeitos de momento, dose e taxa de aplicação de fungicida no controle da ferrugem da folha e da mancha amarela do trigo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 DOENÇAS DO TRIGO

#### 2.1.1 Aspectos Gerais

Doenças de plantas podem ser definidas como uma série de respostas (visíveis ou não) nas células ou tecidos vegetais, em função de um organismo patogênico ou fator ambiental, resultando numa mudança adversa na forma, função ou integridade da planta, podendo levá-la ou não morte (AGRIOS, 2004). Sendo assim, as doenças têm sua importância devida basicamente aos danos qualitativos e/ou quantitativos sobre o produto colhido das culturas economicamente cultivadas.

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) tem inúmeros relatos acerca de enfermidades, ocasionados principalmente por fungos, bactérias, micoplasmas, vírus, entre outros (MEHTA, 1993). Entretanto, patógenos de origem fúngica são os que causam maiores níveis de perdas na cultura. No Brasil, a ocorrência epidêmica de doenças no trigo é ocasionada principalmente por fungos, sendo os principais exemplos: mancha marrom (*Helminthosporium sativum* Pammel, C.M. King & Bakke, fase sexual *Cochliobolus sativus* (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur), mancha amarela (*Helminthosporium tritici-repentis* Died, teleomorfo *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler), ferrugem da folha (*Puccinia recondita* Dietel & Holw, fase sexual *Puccinia triticina* Eriks), giberela (*Fusarium graminearum* Schwabe, forma teleomorfa *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch) e a brusone causada por *Pyricularia grisea* Sacc, fase sexual *Magnaporthe grisea* (T.T. Hebert) M.E. Barr) (REIS; CASA, 2007).

Como muitas destas enfermidades têm um grande potencial de dano à cultura, o uso de sistemas preditivos de doenças torna-se uma ferramenta de grande valia no manejo químico da cultura do trigo, ao determinar, ou pelo menos indicar, o momento biológico de controle e/ou o limiar de dano econômico em que é necessária a utilização de fungicidas.

### 2.1.2 Ferrugem da Folha do Trigo (*Puccinia Triticina*)

A ferrugem da folha (*P. triticina*) é umas das principais doenças que acometem a cultura do trigo, ocorrendo de forma epidêmica em praticamente todas as áreas cultivadas no país. Tendo também *P. recôndita* como sinonímia bastante conhecida no meio acadêmico (ARDUIM, 2009).

Tal doença manifesta-se nas folhas desde o estágio inicial da cultura prolongando-se até a maturação plena da planta. Sintomaticamente surgem pequenos pontos cloróticos nos pontos de infecção, formando posteriormente urédias de aproximadamente 1,5mm de diâmetro com coloração amarelo-alaranjado (REIS, 1991; CARMONA; REIS; CORTESE, 2000).

A doença é caracterizada como macrocíclica, ou seja, apresenta fase sexual e assexual em todo seu ciclo de vida. No Brasil, contudo, a fase assexual é predominante para a cultura do trigo, uma vez que para a ocorrência da fase sexual necessita-se de espécies intermediárias, como *Thalictrum speciosissimum* ou *Ysopyrum fumaroides* (BOLTON; KOLMER; GARVIN, 2008), não encontradas no Brasil.

Para a ocorrência de infecção dos esporos nas folhas de trigo são requeridos temperaturas médias de 16°C a 18°C e 4 a 6 horas de molhamento foliar contínuo, podendo surgir sintomas entre 7 a 10 dias após a infecção (REIS; CASA, 2007). Por sua vez Reis e Barcelos (1988, apud REIS; CASA, 2007), descrevem ainda, a partir de experimentações sob condições controladas - ambiente artificial, que infecções podem ocorrer desde a temperatura de 10°C até 25°C, sendo necessariamente um maior número de horas de molhamento foliar quanto menor a temperatura para o surgimento de maiores níveis de severidade.

Quanto à disseminação da doença, esta se dá preferencialmente via anemófila, ou seja, através da ação vento no transporte dos esporos, podendo assim ser levados a longas distâncias e depositados sobre a cultura através da chuva, determinando muitas vezes o início da ocorrência epidêmica da doença no campo. Porém, cabe salientar que a precipitação abundante pode também carregar os esporos das plantas contaminadas até o solo, reduzindo muitas vezes o potencial de disseminação da doença e conseqüentemente o nível epidêmico a ser proporcionado (PIRES; FERNANDES; NICOLAU, 2009), mesmo em condições de molhamento teoricamente favoráveis ao desenvolvimento da doença.

Em relação às perdas provocadas no trigo, poucas estimativas tem sido realizadas, entretanto, Picinini e Fernandes (1994 e 1995) relataram perdas no Rio Grande do Sul de até 44,23% ocasionadas por doenças fúngicas em geral, e até 80% pela ferrugem da folha na cultivar BR 34. A determinação de tais níveis de perdas é extremamente variável, dependendo, sobretudo, do: estágio da cultura em que a doença ocorre; severidade - determinada pelo grau de susceptibilidade da cultivar; virulência da raça fisiológica do patógeno; e das condições ambientais durante o desenvolvimento da doença (SUBBA RAO, 1989; ROELFS; SINGH; SAARI, 1992).

Diversas formas de controle podem ser utilizadas no manejo da ferrugem da folha, dentre elas, o uso de cultivar resistente é o mais eficaz, apesar da gama de novas raças infectivas que surgem em cultivares resistentes (CHAVES; BARCELLOS, 2002). Porém medidas como redução da população de hospedeiros alternativos e voluntários além do controle químico podem ser utilizadas (EMBRAPA, 2005). O uso de fungicidas, por sua vez, é atualmente o método mais empregado, alcançando níveis de controle satisfatórios (PICININI; FERNANDES, 2003; BARROS; CASTRO; PATRICIO, 2006; EMBRAPA, 2008; ARDUIM, 2009), tanto por sua ação preventiva no tocante a infecção, como também na redução da produção de esporos em pústulas já instaladas nas plantas (BUCK; WISE; DONG, 2011).

Fernandes e Picinini (1999) relatam ainda que o início do controle de ferrugem da folha (*P. triticina*) deve ser a partir: a) traços de severidade e/ou; b) incidência atingir 50 % das plantas e/ou; c) incidência foliar encontrar-se entre 30% e 40%. Contudo, o uso de fungicidas com base somente nestas proposições não é totalmente eficaz e/ou recomendável no âmbito epidemiológico, pois não leva em conta o tempo de incubação da doença, podendo subestimar o número de infecções que possam ter ocorrido sem a manifestação dos sintomas doença até então, bem como não considera as condições ambientais no tocante ao desenvolvimento da doença posteriormente.

Problemas relativos às doses de fungicidas aplicadas, bem como a pressão de inóculo no momento de tal aplicação, são outros fatores a serem considerados no controle químico com um todo, pois estão diretamente ligados ao aumento da pressão de seleção de raças resistentes, tanto aos produtos fitossanitários como aos cultivares resistentes.

### 2.1.3 Mancha Amarela do Trigo (*Pyrenophora Tritici-Repentis*)

A mancha amarela do trigo tem tal nome por apresentar lesões cloróticas na forma elíptica. Tal doença tem como agente causal o fungo *Helminthosporium tritici-repentis*, fase telemorfa *Pyrenophora tritici-repentis*. Ela é considerada uma das principais doenças do trigo, por ter sua ocorrência freqüente em sistemas de plantio direto sob monocultura, uma vez que o agente causal é caracterizado como um parasita hemi-biotrófico, ou seja, pode sobreviver em substratos vegetais vivos ou mortos.

A mancha amarela (*H. tritici-repentis*) infecta praticamente todos os órgãos da planta de trigo, entretanto em suas lesões raramente são observadas estruturas reprodutivas assexuadas (conidióforos e conídios), sendo estas notadas somente quando a lesão está em estado avançado de necrose. Quanto à fase sexual (*P. tritici-repentis*), esta é manifestada em condições climáticas adversas e/ou decomposição do tecido vegetal, formando peritécios com posterior liberação de ascósporos, sendo esta fase uma das principais fontes de inóculo primário da doença (REIS; CASA, 1996), uma vez que as sementes infectadas apresentam baixa taxa de transmissão quando comparado com outras espécies deste gênero (MARTINELLI et al., 2003).

O vento e respingos de chuva são os principais responsáveis pela disseminação do inóculo primário da doença, que são constituídos, basicamente, pelos ascósporos. A temperatura ótima para o desenvolvimento da doença situa-se entre 18 e 28 °C (REIS; CASA, 2007). De acordo com Martinelli et al. (2003), a infecção do trigo por *P. tritici-repentis*, a partir dos conídios, necessita de um período de 6 a 48 h de saturação de umidade e é influenciada pela temperatura e pelo genótipo do hospedeiro. Estes autores mencionam ainda fatores como idade das folhas, produção de toxinas e quantidade de resíduo presente na superfície do solo, como de suma importância no processo de infecção.

Os principais métodos de controle da mancha amarela do trigo são rotação de culturas, tratamento químico de sementes infectadas ou contaminadas, e aplicação de fungicida. Para este último se recomenda a aplicação de fungicidas a partir da observação dos primeiros sintomas na cultura, haja vista a virulência do patógeno sobre a cultura (EMBRAPA, 2008).

No tocante aos níveis de perdas proporcionados pela doença, poucos são os trabalhos encontrados na literatura, até mesmo porque estes não refletem a realidade absoluta de tal patossistema. Todavia, Dallagnol et al. (2006) encontraram níveis de perdas da ordem de 85%, em experimento envolvendo diferentes fungicidas no controle da mancha marrom (*Cochliobolus sativus*) e mancha amarela (*Pyrenophora tritici-repentis*) concomitantemente.

Em estudo acerca da população de raças de *P. tritici-repentis*, realizada na região sul do Brasil entre 2007 e 2008 a partir do método de inoculação em cultivares diferenciadores, encontrou-se a prevalência somente das raças 1 e 2 (SANTANA; CLEBSCH; FRIESEN, 2008). Contudo, no estado do Paraná foram observados somente a raça 1, que denota menor probabilidade de quebra de resistência genética a fungicida em comparação ao estado do Rio Grande do Sul, que apresentou ambas raças na mesma proporção.

## 2.2 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é o emprego de todos os conhecimentos técnico-científicos que proporcionem a melhor colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade necessária, de forma econômica e com mínimo de contaminação ambiental (MATUO et al., 2006).

A aplicação via líquida é atualmente a forma mais difundida de aplicação. Esta por sua vez é feita basicamente pelo processo de pulverização sob pressão, que nada mais é que a geração de gotas através de um orifício de saída. Já o termo aplicação se refere à devida colocação destas gotas pulverizadas sobre um alvo objetivado. Portanto, uma percepção real do alvo é importante, pois dependendo de onde as plantas daninhas, pragas ou doenças estão localizadas, há a necessidade de uma maior penetração ou não das gotas no dossel das culturas (COUTINHO; CORDEIRO, 2003).

Segundo Matthews (2008), os produtos fitossanitários são aplicados em situações diversas, mas para cada situação deve-se considerar uma aplicação com a máxima precisão e dosagem ótima. A arquitetura das plantas, índice de área foliar (IAF), condições climáticas e a localização do alvo, aliados ao momento biológico de controle fitossanitário existente nesta interface planta-alvo, determinam a tecnologia de aplicação a ser adotada.

### 2.2.1 Aspectos Gerais

O uso de bicos de pulverização hidráulicos é atualmente a forma mais utilizada nas pulverizações agrícolas, sendo a formação das gotas dependente da pressão do líquido junto ao orifício de saída. O tamanho de gotas por sua vez é determinado pelo diâmetro mediano volumétrico (DMV) das gotas, tendo como unidade de medida o micrometro – milésima parte do milímetro.

No mercado existem diferentes tipos de ponta de pulverização, que de acordo com as pressões de trabalho podem gerar diversos tamanhos de gotas. De acordo com Pereira (2006 apud BALAN, 2009), o sistema internacional de classificação baseado na norma ASAE S-572, classifica as classes de tamanho de gotas com base no diâmetro mediano volumétrico (DMV) como muito finas (< 100µm), finas (100-175 µm), média (175-250 µm), grossas (250-375 µm) e muito grossas (375-450 µm).

Antuniassi (2005) relata que o uso de gotas de tamanho menor pode aumentar o nível de cobertura e penetração das gotas na massa de folhas em pulverizações de barra. Entretanto, o uso de tais gotas torna-as mais susceptíveis à deriva e evaporação, quando em condições climáticas adversas à aplicação (MURPHY et al., 2000 apud CUNHA et al., 2003). Maiores níveis de cobertura são conseguidos também com o aumento na taxa de aplicação ( $L \cdot ha^{-1}$ ) decorrente do maior número de gotas pulverizado. Porém, o aumento nestas taxas não é uma tendência, pois incorre em menor eficiência operacional da aplicação, assim como maior demanda por água.

As condições climáticas no momento da aplicação é outro fator preponderante nas aplicações agrícolas, pois influenciam diretamente na evaporação ou desvio de trajetória das gotas pulverizadas. Assim temperatura do ar acima de 30 °C, umidade relativa abaixo de 55% e ventos acima de 10  $km \cdot h^{-1}$  são parâmetros climáticos em que não se recomenda a aplicação fitossanitária em hipótese alguma, independentemente da tecnologia adotada no processo (RAMOS; PIO, 2008).

Neste sentido, gotas menores são mais propensas à evaporação e deriva em condições climáticas adversas em função de sua menor massa. Christofolletti (1999) diz que à medida que a gota perde seu volume, por conta da

evaporação, sua massa também diminui e automaticamente a sua queda em função da ação da gravidade é reduzida.

A chamada equação de Amsden (MATUO et al., 2006), concernente ao tempo de “vida” da gota de água, pode ser calculado pela fórmula:

$$T = d^2 / 80 \Delta t, \text{ onde:}$$

T = tempo de duração da gota (segundos);

d = diâmetro da gota ( $\mu\text{m}$ );

$\Delta t$  = diferença de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) entre os termômetros de bulbo seco e bulbo úmido de psicrômetro.

Portanto, quanto maior a distância da ponta de pulverização e o alvo objetivado maior serão as chances de perdas dos produtos fitossanitários por deriva ou evaporação. Deste modo o uso de gotas maiores é uma alternativa viável, porém resultam concomitantemente na redução dos níveis de cobertura. Assim, tais gotas podem ser utilizadas em aplicações de herbicidas sistêmicos - produtos de alto risco de contaminação de áreas vizinhas – não afetando a eficácia da aplicação devido à translocação dos produtos no interior do tecido vegetal.

Outro ponto inserido neste contexto é a assistência de ar em pulverizações, que tem demonstrado bons resultados ao carregar as gotas até o alvo objetivado, melhorando ainda a distribuição dos produtos fitossanitários aplicados em diversas partes da planta alvo (MATTHEWS; THOMAS, 2000). Seu uso pode ser utilizado tanto em pulverizadores de barra, a fim de melhorar os níveis de penetração das gotas em culturas com um alto índice de área foliar, bem como em pulverizações de plantas arbóreas. Antuniassi e Abi Saab (1998) em seu trabalho na cultura da uva (conduzidas em latada) relatam a importância do uso de jato transportado (turboatomizador) como importante ferramenta na aplicação de produtos fitossanitários, ao verificar melhora na porcentagem de cobertura na face abaxial das folhas da cultura.

Neste âmbito, inserem-se ainda os adjuvantes redutores de deriva, que têm sido desenvolvidos especificamente para modificar o espectro de gotas, aumentando o tamanho da gota e reduzindo concomitantemente o risco de deriva (BUTLER ELLIS; TUCK; MILLER, 1997). Em contrapartida tantos outros

(espalhantes e/ou surfactantes – denominações comerciais) vem sendo utilizados com outro objetivo, o de reduzir a tensão superficial das gotas, aumentando a área de contato da gota sobre o alvo, incrementando os níveis de absorção (BUTLER ELLIS; TUCK; MILLER, 1997; OZEKI, 2006; AZEVEDO, 2001).

Partindo-se deste aspecto Butler Ellis; Webb; Western (2004) encontraram maiores níveis de retenção da calda sobre as folhas do trigo (eretas) com a redução da tensão superficial da calda. Os autores relatam que tal fenômeno pode ser oriundo do fato que o uso de surfactantes reduziu o tamanho das gotas, aliado ainda a menor força de impacto destas gotas sobre as folhas, o que resultaria, contudo, em menores perdas para fora das folhas propriamente dita.

### 2.2.2 Controle Químico - Fungicidas

Os fungicidas vêm sendo empregados por cerca de 200 anos na agricultura com o objetivo de proteger as plantas contra as doenças provocadas pelo ataque de fungos. Hewitt (1998) define estes como agentes de origem natural ou sintética, que agem para proteger as plantas contra a invasão de fungos e/ou erradicam infecções fúngicas estabelecidas. Sendo assim, para a comunidade científica existe dois termos bastante utilizados inerentes a sanidade vegetal: controle químico e proteção de plantas. Azevedo (2007) refere-se ao controle químico como uma forma de proteção de plantas, que atua mais diretamente sobre o patógeno, enquanto que o termo proteção de plantas é mais abrangente e visa mais a planta.

Para uma maior eficiência do controle químico, este deve estar inserido no contexto do manejo integrado de doenças de plantas, ou seja, integração de diferentes técnicas de manejo, que atuando de forma conjunta, eficiente e racional, maximiza o controle das enfermidades fitopatogênicas, tanto no tempo como no espaço, análogo ao “Manejo Integrado de Pragas (MIP) no que se refere à filosofia preconizada.

O controle químico é indubitavelmente a forma mais difundida na agricultura moderna, em virtude principalmente de sua ação rápida e eficiente no controle de doenças nos cultivos agrícolas. Porém o seu uso contínuo pode promover a seleção de fungos fitopatogênicos resistentes, não controlados pelo

fungicida anteriormente eficaz, colocando em risco a eficiência do método (GUINI; KIMATI, 2002).

A redução ou aumento das doses de fungicidas recomendadas pelos fabricantes é outro fator ligado a tal resistência. Brent (1995), consultor da FRAC (Fungicide Resistance Action Committee), relata que as doses recomendadas devem ser utilizadas impreterivelmente de forma integral e única. A redução ou aumento da dose, apesar de inicialmente reduzir a velocidade de multiplicação de indivíduos já resistentes, favorece o desenvolvimento da resistência através da mutação e/ou recombinação genética dos indivíduos sobreviventes, tornando estes resistentes a doses superiores no futuro. Portanto, sua utilização de forma correta, ou seja, associado a outras formas de manejo, maximizam a eficiência no controle fitossanitário, além de aumentar o tempo de vida comercial dos ingredientes ativos atualmente disponíveis no mercado.

### 2.2.3 Tecnologia de Aplicação em Trigo

Existem basicamente quatro parâmetros que podem ser analisados em estudos ligados a tecnologia de aplicação: cobertura – avaliação qualitativa do percentual de cobertura proporcionado pelas gotas de pulverizadas sobre um alvo específico; deposição - avaliação quantitativa de determinado produto aplicado sobre um determinado alvo; penetração – avaliação de cobertura e/ou deposição em diferentes extratos de dossel das culturas; e avaliação do controle ou eficácia agrônômica de um produto fitossanitário e/ou tecnologia utilizada.

Embora sejam relacionadas, as variáveis cobertura e deposição não apresentam ligação direta entre si, pois uma determinada cobertura não reflete necessariamente em maiores níveis de deposição, e vice versa.

Partindo-se destes princípios descritos vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos no tocante a tecnologia de aplicação na cultura do trigo, principalmente relacionadas ao uso de fungicidas.

Meneghetti (2006), por exemplo, estudando diferentes taxas de aplicação evidenciou que 100 L.ha<sup>-1</sup> (ponta XR 110-01 – gotas finas) apresentou melhor nível de controle de manchas foliares (*C. sativus* e *P. tritici-repentis*) em relação a menores taxas de aplicação – 80 e 60 L.ha<sup>-1</sup>, na mesma faixa de tamanho de gota – mesmo sob diferentes condições de orvalho sobre as cultura.

Já Panisson et al. (2003), estudando o efeito de duas pontas em um mesmo ponto da barra de pulverização, tanto para a ponta leque simples (XR 110-02) como leque duplo (TJ60 110-02), não evidenciaram diferença entre si para o controle da giberela do trigo (*G. zeae*). Porém, quanto à deposição, o uso de duas pontas de pulverização (TJ60 110-02) promoveu maiores níveis de deposição sobre as anteras do trigo (PANISSON, et al., 2004). O autor relata que a deposição está atrelada tanto ao arranjo das pontas na barra de pulverização como também ao aumento da taxa de aplicação de 200 para 400 L.ha<sup>-1</sup>. Por sua vez, Halley et al. (2008) não encontraram diferenças na deposição sobre as espigas como um todo quando do uso de duas pontas de pulverização em um mesmo ponto da barra ou da assistência de ar, apresentando diferença de deposição somente em função do tamanho de gotas geradas, apresentando gotas finas maior deposição que médias. Já em aplicações aéreas, Fritz et al. (2007) encontraram maiores níveis de deposição em menores taxas de aplicação (18,7 L.ha<sup>-1</sup> em relação à 46,8 L.ha<sup>-1</sup>) quando do uso de pontas hidráulicas - gotas finas.

A grande variabilidade dos resultados experimentais denota que o estudo da tecnologia de aplicação em si depende de muitos fatores: taxa de aplicação, tamanho de gota aplicada, angulação e arranjo das pontas na barra, condições climáticas, orvalho, momento biológico de controle, cultivar, patógeno, produto fitossanitário, IAF da cultura, entre tantos outros.

Com tantos fatores envolvidos na tecnologia de aplicação muitas vezes não se chega a conclusões claras e contundentes de seu real papel. Contudo, novos equipamentos e/ou tecnologias devem ser desenvolvidos a todo o momento, a fim de proporcionar maior entendimento do processo como um todo e conseqüentemente maior eficiência da aplicação. Um exemplo a ser destacado é um equipamento projetado na Suécia (LARSOLLE, 2002), onde um anteparo acoplado à barra de pulverização, anteriormente as pontas, com a finalidade de “deitar” a cultura do trigo durante o caminhar do pulverizador e assim aumentar o percentual de cobertura das folhas em todo dossel da cultura e reduzir concomitantemente as perdas para o solo, pois o trigo apresenta folhas relativamente eretas.

## 2.2.4 Momento Biológico de Controle

O momento biológico de controle, comumente chamado de “timing de aplicação” está diretamente ligado as relações existentes entre patógeno, hospedeiro e ambiente, fatores estes fundamentais na epidemiologia de fitopatógenos, aliado ainda ao limiar de dano econômico (LDE) de cada respectiva doença. No caso de doenças de plantas, existem praticamente três formas de determinar o momento de aplicação, baseados na: fitopatometria (incidência e severidade), calendarização - estágio fenológico da cultura e através de modelos preditivos de doenças.

Fernandes e Picinini (1999) relatam que o controle de ferrugem da folha do trigo (*P. triticina*) deve seguir o seguinte critério: a) traços de severidade e/ou; b) incidência atingir 50 % das plantas e/ou; c) incidência foliar encontrar-se entre 30 % e 40 %.

A Embrapa (2010), para a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), relata que o momento de aplicação de fungicida é a partir da observação dos primeiros sintomas e/ou estágio fenológico R3 (florescimento), enquanto que para o oídio da soja (*Erysiphe diffusa*) é em função do nível de severidade da doença sobre as plantas (até 40%). Entretanto, este último método para o oídio não é corroborado por Igarashi et al. (2010), uma vez que os níveis de danos depende dentre outros fatores, do estágio fenológico em que ocorre a infecção inicial efetiva do oídio na soja, e não exclusivamente pela quantificação da doença.

Como os fungos são organismos microscópicos, a determinação do momento biológico de controle baseado somente na fitopatometria e calendarização não é em nenhum momento o melhor método, pois processos infectivos da doença sobre a cultura podem ter ocorridos sem a manifestação sintomática até então.

Baseado nisto, vem sendo desenvolvidos os chamados modelos preditivos ou sistemas de aviso, que consideram parâmetros do clima, do hospedeiro e do patógeno a fim de prever períodos em que haja condições favoráveis para o desenvolvimento de determinada doença tanto em nível local como regional (YANG, 2006). Assim informações deste âmbito auxiliam na tomada de decisão da aplicação de fungicidas, aumentando a eficácia de controle, além de reduzir possíveis contaminações ambientais e outras conseqüências indesejáveis (BARRETO; SCALOPPI, 2000).

Todavia, para um sistema de previsão de doenças ser efetivamente válido no campo este deve ser simples, gerando, informações relevantes a tomada de decisão para a controle das doenças (REIS; BRESSOLIN, 2004).

Para a cultura do trigo inúmeros sistemas de previsão de doenças são encontrados na literatura (DEL PONTE et al., 2005; SHAH e BERGSTROM, 2002; CARDOSO, 2006). Del Ponte et al. (2004) em sua revisão listam diversos modelos que vem sendo estudados no mundo todo para modelar epidemias relacionadas a giberela, os quais consideram principalmente dados relativos de precipitação e temperatura, bem como o estágio fenológico da cultura (florescimento - estágio este de maior susceptibilidade de infecção).

Outros sistemas de previsão que merecem destaque são relativos à ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), por exemplo: valores diários da probabilidade de infecção com base em dados da literatura da interação entre molhamento foliar e temperatura (REIS; BRESSOLIN, 2004); função matemática para a definição da intensidade relativa de infecção a partir do número de horas de molhamento foliar e temperatura média do período em condições de campo (CANTERI et al., 2005); regressão linear entre a severidade final e as condições climáticas ocorridas em experimentações à campo (DEL PONTE et al., 2006).

No entanto, sistemas que avaliam determinada quantidade de patógeno no ambiente a fim de estimar a possibilidade de ocorrência de epidemias são também estudados. Reis e Bressolin (2004) relatam que este tipo de sistema pode ser efetuado por meio da coleta de esporos disseminados no ar e por estudos de sobrevivência, dependendo da característica de disseminação do patógeno.

Neste sentido, o pesquisador Seiji Igarashi, com o auxílio de vários colaboradores, trabalha no manejo da ferrugem asiática da soja e brusone do trigo com a utilização de um coletor de esporos associado às condições climáticas locais e previsão de tempo (IGARASHI e BALAN, 2004; GARDIANO et al., 2010; IGARASHI et al., 2008). Esse pesquisador tem encontrado resultados satisfatórios quanto à verificação dos esporos destes patógenos antes da manifestação dos sintomas, planejando assim com maior antecedência a aplicação de fungicidas, o que resulta em maior nível de controle.

A associação de parâmetros climáticos com a determinação da presença de patógeno no ar perfaz os três pilares epidemiológicos necessários para a ocorrência da doença no campo (hospedeiro susceptível, patógeno virulento e

ambiente favorável). WEST et al., (2008) relatam ainda que a captura de propágulos e/ou esporos das doenças no ar são de grande valia, tanto para sistemas de previsão de doenças como também para estudos da variabilidade genética destes patógenos quanto a relação espaço-temporal.

#### 2.2.5 Concentração de Ingrediente Ativo na Calda de Pulverização

A determinação da dose dos produtos fitossanitários é feita através de inúmeros estudos de eficácia agrônômica no campo e em laboratório, porém muitas vezes estes são realizados de diferentes maneiras, dependendo do tipo de equipamento de pulverização e dos parâmetros de tecnologia de aplicação (taxa de aplicação, tipo de ponta, qualidade da água, condições climáticas, etc.) de cada responsável técnico na condução de tais estudos.

A tecnologia adotada no momento da pulverização é um dos principais fatores determinantes na eficácia agrônômica das aplicações fitossanitárias. Aliado a esta estão relacionadas os fatores inerentes à absorção dos produtos fitossanitários sistêmicos pelas plantas alvos, no qual Rodrigues (2003) cita diversos aspectos: estrutura, estado de hidratação, idade e crescimento das folhas, temperatura, umidade relativa do ar, disponibilidade de água no solo, radiação solar, modo de aplicação e ângulo de contato entre as gotas e a superfície foliar.

A principal barreira para a absorção de produtos fitossanitários é a camada externa de cera da cutícula – de natureza hidrofóbica - que tem como principal função evitar a perda de água das células para o ambiente em que se encontram. Assim vários fatores influenciam na espessura de tal camada, por exemplo, espécie vegetal, nível de radiação solar, umidade relativa do ar, entre outros, apresentando, geralmente, maior espessura na face adaxial das folhas (FERREIRA, 2002 e 2003; WANG; LIU, 2007; KIRKWOOD, 1999).

No entanto, a absorção ocorre por meio da difusão de solutos aquosos por esta camada de cera, uma vez que existem vários filamentos de carboidratos – de natureza hidrofílica – que permeiam tal camada, fazendo com que produtos fitossanitários sistêmicos possam ser difundidos para o interior do tecido foliar. Para tanto, vários fatores são inerentes a esta absorção em aplicações e conseqüentemente sua real eficácia: percentual de cobertura, espessura da cutícula, propriedades físico-químicas da calda, adjuvantes e ingredientes ativos, umidade

relativa do ar e temperatura (FORSTERS et al., 2004 e 2006; KNOCHE et al., 1998; KNOCHE; BUKOVAC, 1999 e 2000; WANG; LIU, 2007; KIRKWOOD, 1999).

Estudos relativos à absorção do fungicida epoxiconazole em gotas pipetadas sobre folhas de trigo, e de outras plantas, demonstram que a absorção incrementa-se com: o aumento da cobertura proporcionada pela gota pipetada, aumento da concentração dos ingredientes ativos do fungicida (FORSTERS et al., 2004), aumento da concentração dos adjuvantes utilizados (FORSTERS et al., 2006) e o uso de massas moleculares menores, quando de um mesmo adjuvante (NIELSEN et al., 2005; FORSTERS et al., 2004).

Neste sentido, o uso de adjuvantes para aumentar a absorção dos fungicidas e a utilização de menores taxas de aplicações a fim de aumentar a concentração de ingrediente ativo na calda, bem como a capacidade operacional de um pulverizador, vem se tornando freqüente em aplicações no campo. Entretanto, muitas vezes o uso de taxas de aplicação reduzidas com o intuito apenas de aumentar a concentração de ingrediente ativo na calda não aumenta níveis de controle.

Tal caso é evidenciado por Forcelini (2008), ao testar diferentes taxas de aplicações e doses de fungicida no controle da ferrugem asiática da soja. Este autor observou melhor nível de controle da doença com o uso de 150 L.ha<sup>-1</sup> em relação à 100 L.ha<sup>-1</sup>, independente da dose de fungicida empregada, denotando que a concentração de fungicida na calda pouco influenciou no controle. Este resultado pode ser decorrente do horário da aplicação, efetuada no final da tarde e início da noite (< 30 °C e > 60% de UR), horário em que a presença de orvalho sobre as folhas tenderia a aumentar, diluindo assim o produto sobre as plantas, mascarando o efeito da concentração de calda estudado.

Este fator é bastante discutido por AZEVEDO (2007) e RODRIGUES (2003), onde relatam que o aumento ou redução da concentração da calda aplicada pode ocorrer naturalmente no campo, tanto em função do secamento das gotículas aplicadas sobre a superfície foliar, como pela presença de orvalho, respectivamente.

Sendo assim, em virtude dos diversos fatores que regem a absorção foliar pelos produtos fitossanitários, acredita-se que as doses dos fungicidas recomendados atualmente são muito superiores à necessidade efetiva para a sua ação fungistática sobre os fungos de uma maneira geral. Portanto, o uso de uma calda mais concentrada - menor taxa de aplicação com maior eficiência operacional

– aliado, sobretudo, à aplicação eficiente em relação ao percentual de cobertura sobre o alvo e redução nas perdas pode, em tese, manter ou aumentar a eficiência de controle a partir de uma dose relativamente menor de ingrediente ativo, minimizando, contudo, o impacto ambiental pelo uso de produtos químicos.

**3 ARTIGO A**

**CONTROLE DA FERRUGEM DA FOLHA DO TRIGO (*PUCCINIA TRITICINA*) EM  
DIFERENTES MOMENTOS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA DETERMINADOS  
COM O AUXÍLIO DO COLETOR DE ESPOROS SIGA.**

## **CONTROLE DA FERRUGEM DA FOLHA DO TRIGO (*PUCCINIA TRITICINA*) EM DIFERENTES MOMENTOS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA DETERMINADOS COM O AUXÍLIO DO COLETOR DE ESPOROS SIGA.**

### 3.1 INTRODUÇÃO

A ferrugem da folha do trigo, ocasionada pelo fungo *Puccinia triticina* caracterizado como parasita obrigatório, é uma das principais doenças da cultura. Ela é observada, não necessariamente de forma epidêmica, em praticamente todos os anos de cultivo entre os cultivares susceptíveis. O controle químico, por sua vez, é o principal método de controle empregado para tal doença nestes cultivares, sendo a aplicação de fungicidas uma constante na cultura do trigo, com grande efetividade de controle (DEBONA et al., 2009; KUHNE JUNIOR et al., 2009; GODOY et al., 2000; PICININI; FERNANDES, 2000).

O principal fator inerente a eficácia da aplicação de fungicida contra a ferrugem da folha está ligada ao momento biológico de controle. Todavia, é freqüente aplicações calendarizadas, ou seja, determinadas principalmente por um respectivo estágio fenológico. A aplicação baseada neste método não é totalmente eficaz e/ou recomendável no âmbito epidemiológico, pois não considera a presença da doença, podendo resultar em aplicações desnecessárias aumentando o impacto ambiental. Além deste aspecto, tais aplicações estão sujeitas a um baixo nível de controle, uma vez que o fungicida é metabolizado pelas plantas ao longo do tempo, podendo apresentar efeito fungistático diminuto quando de uma eventual infecção do patógeno.

Neste sentido, vem sendo desenvolvidos os chamados modelos preditivos ou sistemas de aviso, que consideram parâmetros do clima, do hospedeiro e/ou do patógeno tendo como prerrogativa prever períodos em que haja condições favoráveis para o desenvolvimento de determinada doença tanto em nível local como regional (YANG, 2006). Para a cultura do trigo são encontrados na literatura inúmeros sistemas de previsão (DEL PONTE et al., 2005; SHAH e BERGSTROM, 2002; CARDOSO, 2006).

Um sistema de previsão a partir de um coletor de esporos denominado SIGA (GARDIANO et al., 2010; IGARASHI et al., 2008) foi desenvolvido com o intuito de detectar a presença de esporos de organismos fitopatogênicos no

ar, associando estes dados às condições climáticas do local e de previsão de tempo, o que possibilita um indicativo de possibilidade de infecção de doenças na cultura.

Assim informações deste âmbito auxiliam: na identificação inicial da doença na cultura; no planejamento e tomada de decisão da aplicação de fungicidas no campo; na redução de eventuais contaminações ambientais e outras conseqüências indesejáveis decorrentes de aplicações desnecessárias de fungicida (BARRETO; SCALOPPI, 2000); na redução das chances de desenvolvimento de resistência da ferrugem à fungicidas – aplicações preventivas com menor pressão de inóculo (GUINI; KIMATI, 2002); e sobretudo no aumento da eficácia de controle e redução dos danos causados pela ferrugem da folha na cultura do trigo (COOK; HIMS; VAUGHAN, 1999);

Baseado nestas premissas, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de diferentes momentos de aplicação de fungicida para o controle da ferrugem da folha do trigo, determinados com o auxílio do coletor de esporos SIGA.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na fazenda escola da Universidade Estadual de Londrina (23°20'30''S 51°12'35''O), altitude aproximada de 560m. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa (verão quente e chuvoso, com precipitação média anual de 1600 mm), sendo o solo da região classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (EMBRAPA, 1999).

Utilizou-se a cultivar CD 104, ciclo médio (~ 120 dias), caracterizado como moderadamente susceptível as principais doenças da cultura do trigo: *Puccinia triticina*, *Blumeria graminis*, *Phaeosphaeria nodorum*, *Cochliobolus sativus*, *Pyrenophora tritici-repentis*, *Magnaporthe grise* e *Giberella zea*. A cultivar foi semeada em 23 de abril de 2010, tendo 250 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-14-8 (N-P-K) como adubação no momento da semeadura.

O coletor de esporos SIGA associado a dados climáticos e de previsão de tempo (GARDIANO et al., 2010; IGARASHI et al., 2008) foi utilizado como método de monitoramento das doenças do trigo antes da manifestação dos sintomas, auxiliando assim na correta identificação da doença antecipadamente. Neste coletor são fixadas lâminas de microscopia óptica com fita adesiva transparente de face dupla para aderência dos esporos presentes no ar. Estas

lâminas foram são trocadas num intervalo de três dias cada para a identificação dos patógenos, que se dá através da observação em microscópio óptico.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, referente a diferentes momentos biológicos de controle da ferrugem da folha do trigo. Cada parcela constituía-se de uma área de 32 m<sup>2</sup> (4 x 8 m). Os tratamentos constituíram-se de três momentos de aplicação de fungicida (intervalo de 7 dias) + testemunha sem controle, a partir do diagnóstico dos primeiros sintomas na cultura.

Utilizou-se a dose comercial de 0,5 L.ha<sup>-1</sup> do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina, concentrado emulsionável, + 0,5% v.v de óleo mineral. A aplicação foi realizada por meio de um pulverizador costal pressurizado via CO<sub>2</sub>, acoplado com seis pontas de pulverização XR 110-02 – jato plano simples -, espaçadas 0,5 m entre si, na pressão de trabalho de 413 kPa, gerando uma taxa de aplicação de 250 L.ha<sup>-1</sup> na velocidade de deslocamento de 6 km.h<sup>-1</sup>, com gotas classificadas como finas segundo o fabricante. Considerou-se um intervalo aproximado de 20 dias para as reaplicações do fungicida em cada respectivo tratamento, sendo estas realizadas até a maturação fisiológica das plantas, totalizando 3 aplicações em cada tratamento.

As aplicações de fungicida iniciaram-se quando a cultura apresentava-se no estágio de alongação do colmo, com 25% de incidência de ferrugem entre as plantas. As datas, bem como as condições climáticas relativas ao momento de cada aplicação estão descritas na Tabela 3.1.

Avaliações de severidade da doença foram realizadas periodicamente a cada 7 dias, com o auxílio de escala diagramática da Embrapa (1997). A partir destas construíram-se curvas de progresso da doença e calculou-se a AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença), com base na equação:

$$\text{AACPD} = \sum_{i=1}^{n-1} [(X_i + X_{i+1}) / 2](t_{i+1} - t_i)$$

Onde X é a severidade da doença, n é o número de avaliações e t é o intervalo de tempo entre as avaliações de severidade.

Estimativa da produtividade e peso hectolitro, padronizados em 13% de umidade, foram obtidos a partir da colheita manual de 3 m<sup>2</sup> da cultura. Análises de variância, seguida do teste Tukey à 5% de probabilidade, foram efetuados para a determinação dos efeitos de cada tratamento nas variáveis analisadas.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as aplicações de fungicida foram efetuadas no período da manhã, horário em que a temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento (< 4 km.h<sup>-1</sup>) encontravam-se adequadas para a aplicação de fungicida (RAMOS e PIO, 2008). As datas e as condições de temperatura e umidade relativa do ar de cada aplicação encontram-se na Tabela 3.1.

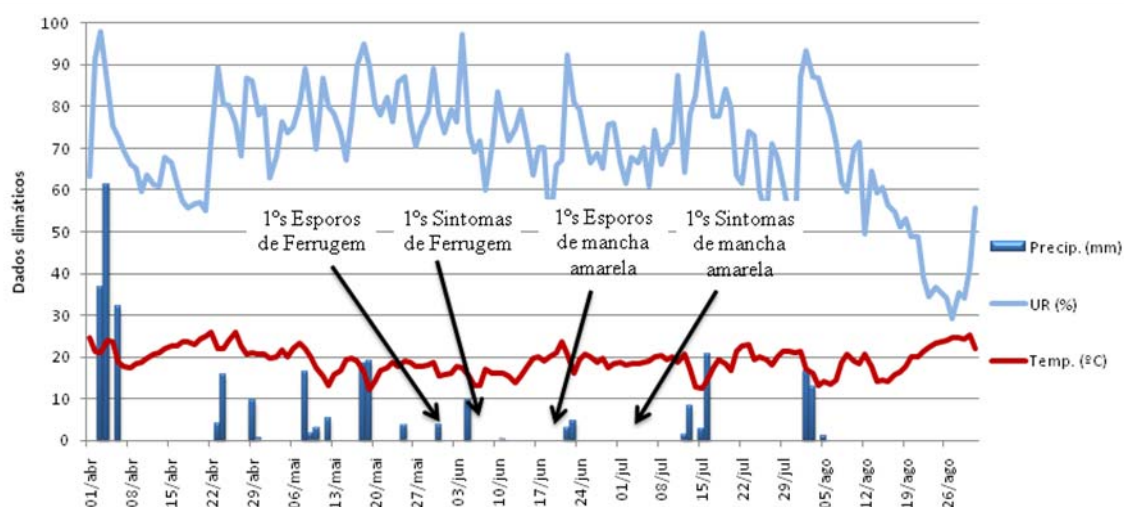
**Tabela 3.1** – Datas e condições climáticas observadas durante as aplicações de fungicida para os três diferentes momentos de aplicação estudados para o controle da ferrugem da folha do trigo, Londrina, 2010.

Tratamentos	1º Aplicação			2º Aplicação			3º Aplicação		
	Data	Temp.	UR	Data	Temp.	UR	Data	Temp.	UR
0 DAS	09/jun	25,2°C	75%	29/jun	26,1°C	68%	19/jul	24,8°C	71%
7 DAS	16/jun	23,7°C	79%	05/jul	27,5°C	67%	26/jul	25,7°C	75%
14 DAS	23/jun	25,1°C	71%	12/jul	22,9°C	70%	01/ago	28,6°C	68%

DAS = dias após a manifestação dos primeiros sintomas.

O coletor de esporos SIGA mostrou-se eficaz quanto ao seu objetivo proposto, que era o de identificar esporos de doenças de trigo antes da manifestação dos sintomas na cultura. Os primeiros esporos da ferrugem da folha do trigo (*P. triticina*) foram detectados inicialmente em 02 de junho, enquanto que a manifestação sintomática sobre as plantas foi observada somente 7 dias depois. Identificou-se ainda por meio do coletor de esporos a presença de propágulos de *P. tritici-repentis*, *C. sativus*, porém no final do desenvolvimento, o que pouco influenciou em danos a cultura. Na Figura 3.1 estão demonstradas as datas do surgimento dos primeiros esporos e sintomas da ferrugem da folha e mancha amarela do trigo, bem como as condições climáticas ocorridas.

**Figura 3.1 –** Dados diários de precipitação (mm) e temperatura (°C) relacionados à detecção dos primeiros esporos e sintomas da ferrugem da folha e mancha amarela do trigo, em Londrina-PR – safra 2010.



**Fonte:** Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR.

Os sistemas de previsão de doenças têm como prerrogativa fundamental identificar a possibilidade de ocorrência de uma determinada doença ou até mesmo sua epidemia antes de sua real infecção no campo. Neste sentido, auxiliam na correta identificação da doença antecipadamente, possibilitando ainda ao agricultor um maior planejamento da aplicação de fungicida. Na iminência de risco de dano econômico, os sistemas de previsão podem promover um controle mais eficaz ou até mesmo propiciar a economia de aplicações em relação aos sistemas de aplicação calendarizada, resultando, em menor impacto ambiental (IGARASHI e BALAN, 2004; DEL PONTE, 2004).

Em relação aos resultados da AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença) para a ferrugem, a análise estatística demonstrou que o atraso na aplicação de fungicida propiciou aumento no nível de severidade da doença (Tabela 3.2), reduzindo, por conseguinte, o nível de controle.

**Tabela 3.2 –** Área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD) e porcentagem (%) de controle em relação à testemunha sem controle, em função de diferentes momentos de aplicação de fungicida para o controle da ferrugem da folha do trigo, Londrina-PR, 2010.

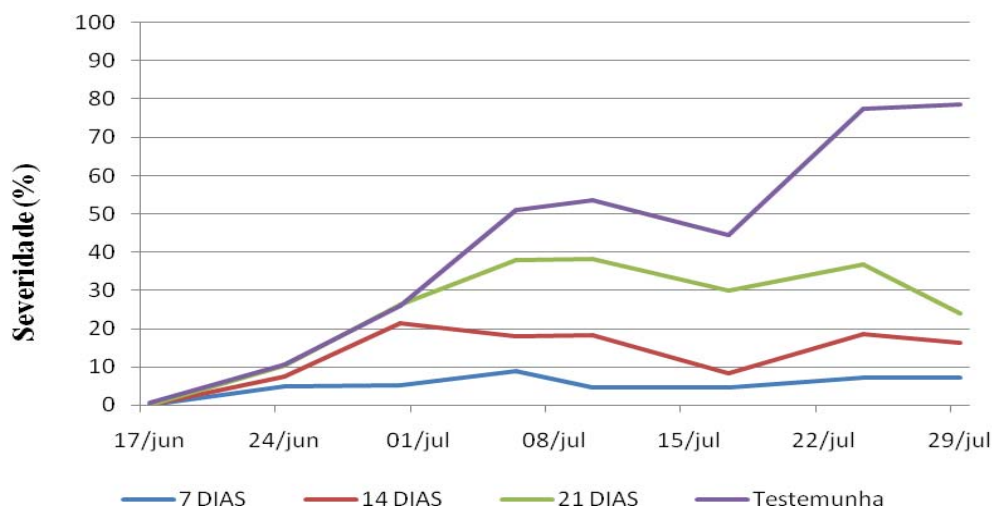
Aplicação	AACPD	% de controle
0 DAS	271,11 d	86,66%
7 DAS	704,91 c	65,30%
14 DAS	1414,80 b	30,35%
Testemunha sem controle	2031,48 a	-
CV (%)		10,99%

DAS = dias após os primeiros sintomas.

A partir da Figura 3.2, pode-se notar que o nível de severidade da doença começa a se diferenciar de forma evidente entre os tratamentos a partir do dia 24 de junho - 15 dias após a manifestação dos primeiros sintomas da doença no campo -, apesar do baixo índice de precipitação neste período (Figura 3.1). O desenvolvimento da doença em condições de baixa precipitação pode ser decorrente do molhamento foliar oriundo principalmente do orvalho e gutação, características peculiares da estação do ano e da cultura do trigo, respectivamente.

A diferenciação substancial do percentual de severidade da ferrugem da folha entre os tratamentos aconteceu em torno de 15 dias após a aplicação de fungicida no tratamento mais preventivo (0 DAS). Possivelmente haviam novas infecções incubadas sem manifestação de sintomas até então, iniciando-se a partir desta data um padrão agregado das lesões devido às auto-infecções da doença (PIRES et al., 2009). Este fato é presumido, pois os fungicidas sistêmicos influenciam tanto na proteção do tecido vegetal a novas infecções como também na redução da produção de esporos em pústulas já instaladas nas plantas (BUCK; WISE; DONG, 2011).

**Figura 3.2 –** Curvas de progresso da doença observadas para diferentes momentos de aplicação de fungicida para o controle da ferrugem da folha, Londrina-PR, 2010.



No tocante aos níveis de danos proporcionados pela doença, verificadas pelos índices de produtividade, nota-se que o atraso no início das aplicações de fungicidas gera reduções significativas de produtividade. Em contrapartida, não foi observado diferenças significativas entre os momentos de aplicação para a variável peso de mil sementes (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3 –** Produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), diferença de produtividade ( $\Delta$ ) ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em relação à testemunha sem controle e peso hectolitro (g), em função de diferentes momentos de aplicação de fungicida para o controle da ferrugem da folha do trigo, Londrina-PR, 2010.

Aplicação	Produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	$\Delta$ ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	Peso hectolitro (g)
0 DAS	2869,79 a	1205,71	72,1 a
7 DAS	2682,76 ab	1018,68	72,4 a
14 DAS	1743,29 b	79,21	69,2 a
Testemunha sem controle	1664,08 b	-	67,8 a
CV (%)	22,95%		5,84%

DAS = dias após os primeiros sintomas;  $\Delta$  diferença relativa à testemunha sem controle.

A aplicação atrasada em 14 dias gerou estatisticamente a mesma produtividade do que a testemunha sem controle, o que denota que aplicação de fungicida neste momento não apresentou eficácia alguma, apesar de apresentar

menor desenvolvimento epidêmico da ferrugem em relação à testemunha sem controle, verificada pela área baixa da curva de progresso da doença.

Boller, Forcelini e Hoffmann (2008) afirmam que, uma vez iniciado o desenvolvimento epidêmico da ferrugem da folha, atrasos no momento da aplicação resultam em dificuldades maiores para seu controle. Estes autores encontraram reduções nos índices de produtividade quando da aplicação de fungicida com 10% de severidade em relação a 1%, mesmo utilizando o dobro da dose ou intervalos menores entre as reaplicações.

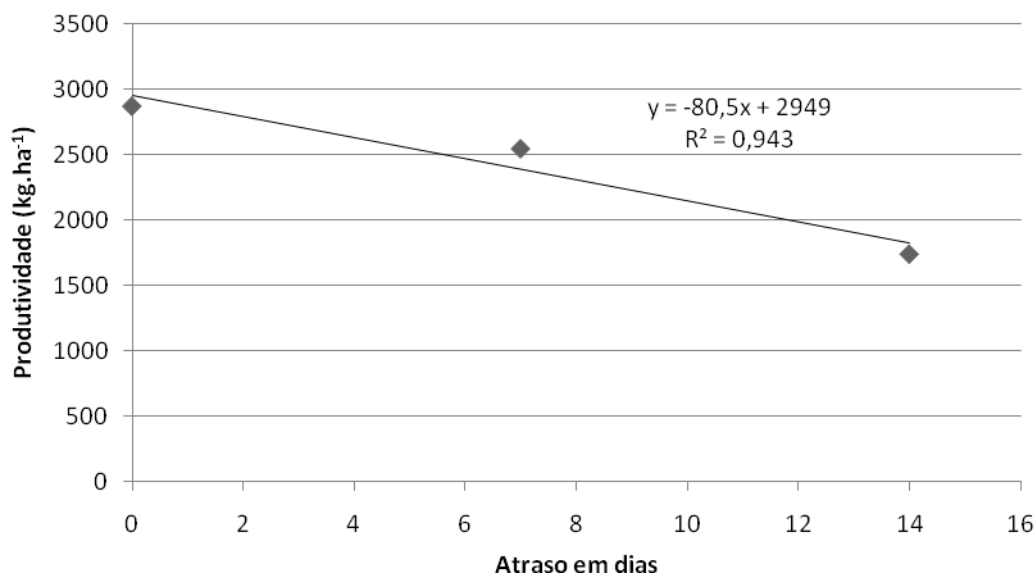
Vários trabalhos sobre o controle químico da ferrugem da folha do trigo são encontrados na literatura, os quais apresentam de maneira geral grande eficácia de controle proporcionada pelos fungicidas dos grupos dos triazóis e estrobirulinas, desde na forma isolada como em mistura (DEBONA et al., 2009; KUHNE JUNIOR et al., 2009; GODOY et al., 2000; PICININI; FERNANDES, 2000). Tal fato dá a conotação, assim como mencionado por Cook, Hims e Vaughan (1999), de que o momento de aplicação de fungicidas é um dos principais fatores do sucesso do controle químico deste patossistema.

Arduim (2009), estudando a sensibilidade de fungicidas (in vitro e in vivo), encontra diferenças entre os fungicidas do grupo dos triazóis (inibidores da síntese de esteróis) para algumas raças de *P. triticina*, já para o grupo das estrobirulinas (inibidores da respiração mitocondrial) não foi verificada redução na sensibilidade. Porém, sabe-se que vários outros patógenos (*Blumeria graminisi*, *Mycosphaerella fijiensis*, *Venturia inaequalis*, *Plasmopara viticola*) podem apresentar resistência as estrobirulinas (GRASSO et al., 2006).

Portanto, tais fatos investigados por Arduim (2009) e Grasso et al. (2006) nos dão conta da real necessidade da aplicação preventiva de fungicidas em cultivares susceptíveis, ou seja, anteriormente a efetiva infecção da doença. Aplicações tardias – sob maior pressão de inóculo – aumentam as chances do desenvolvimento futuro de resistência dos fungos aos fungicidas (GUINI; KIMATI, 2002).

O nível de dano ocasionado pela doença no experimento foi calculado por meio de uma regressão entre a produtividade da cultura e o atraso nas aplicações (Figura 3.3).

**Figura 3.3 –** Regressão dos índices de produtividade em função do atraso em dias da aplicação de fungicida.



Tal estimativa demonstra que os danos podem chegar até a 80,5 kg.ha<sup>-1</sup> ao dia, com o atraso nas aplicações de fungicida. Danos estes bem superiores aos encontrados por Cook, Hims e Vaughan et. al (1999), em trabalho sobre aplicações sistemáticas de fungicidas na cultura do trigo nos Estados Unidos, os quais encontram níveis de danos próximos a 27,2 kg ha<sup>-1</sup> por dia de atraso, ocasionadas por diversas doenças concomitantemente, como septoria, oídio, ferrugem da folha, etc.

Já no Brasil, informações acerca de perdas provocadas por doenças do trigo são escassas. Porém, Picinini e Fernandes (1994 e 1995) relatam perdas no Rio Grande do Sul de até 44,23% ocasionadas por doenças fúngicas em geral, e até 80% pela ferrugem da folha na cultivar BR 34.

É salutar citar que este tipo de informação contido em tais trabalhos é de caráter meramente informativo, dando ao leitor apenas uma idéia do dano que a doença possa gerar, pois a determinação de tais níveis de perdas é dependente de diversos fatores: susceptibilidade da cultivar, virulência da raça fisiológica do patógeno, estágio da cultura em que a doença inicia-se, taxa de progresso, formas de disseminação (SUBBA RAO, 1989; ROELFS; SINGH; SAARI, 1992), além de tanto outros fatores até então incomensuráveis pela própria fitopatologia.

Todavia, tais resultados nos dão uma idéia importante do papel das doenças no sistema de produção do trigo com um todo, quando analisamos a

questão econômica. Hirakuri (2011), em seu levantamento econômico da cultura do trigo para a região de Londrina-PR na safra de 2010, baseando-se no preço médio de R\$ 28,00 a saca (60kg) comercializada e em todos os custos do sistema produtivo envolvidos (insumos, serviços, administrativo, e de oportunidade), considera que o ponto de equilíbrio da produção varia entre 2850 a 2890 kg.ha<sup>-1</sup>.

Assim, embora este levantamento não deixe claro o número de aplicações de fungicida utilizado no cálculo, pode-se inferir que o tratamento referente à aplicação nos primeiros sintomas (0 DAS) não apresentaria lucratividade alguma. Já o atraso nas aplicações em 14 dias representaria um prejuízo de aproximadamente de R\$ 525,70 por hectare. Portanto, este dado denota claramente a importância de um controle eficaz das doenças.

A lucratividade do sistema agrícola está balizada em três pilares fundamentais: produtividade, preço de venda e custo de produção. A produtividade de uma cultura é dependente da interação de 52 fatores (TISDALE et al., 2005), tais como disponibilidade de água e nutrientes no solo, condições climáticas, ocorrência de pragas, plantas daninhas e doenças, etc. O preço de venda, por sua vez, é dependente da situação mercadológica mundial no momento da comercialização da safra. Já o custo de produção, que é dependente da quantidade e do preço dos insumos utilizados, pode ser amplamente alterado pelo agricultor, não resultando necessariamente em mudança nos níveis de produtividade.

Neste contexto, estão inseridos os sistemas de previsão de doenças que podem gerar informações de suma importância para a tomada de decisão da aplicação de fungicida pelo produtor rural, podendo refletir de maneira substancial no custo de produção da cultura.

### 3.4 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que: o desenvolvimento epidêmico da doença decorrente do atraso na aplicação de fungicidas gera perdas consideráveis de produtividade; e que o uso do coletor de esporos SIGA associado às condições climáticas e de previsão de tempo, é uma ferramenta eficaz na determinação da possibilidade de infecção da ferrugem da folha no trigo (*P. triticina*).

**4 ARTIGO B**

**DOSE E TAXA DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NO CONTROLE DA FERRUGEM  
DA FOLHA (*PUCCINIA TRITICINA*) E DA MANCHA AMARELA DO TRIGO  
(*PYRENOPHORA TRITICI REPENTIS*).**

## DOSE E TAXA DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NO CONTROLE DA FERRUGEM DA FOLHA (*PUCCINIA TRITICINA*) E DA MANCHA AMARELA DO TRIGO (*PYRENOPHORA TRITICI REPENTIS*)

### 4.1 INTRODUÇÃO

A ocorrência epidêmica da ferrugem da folha (*Puccinia triticina*) e mancha amarela do trigo (*Pyrenophora tritici-repentis*) vem se tornando freqüente nos campos brasileiros. Este fato está principalmente associado ao uso de cultivares sensíveis a estes agentes causais, à presença de inoculo primário no início da safra, e às condições de temperatura e molhamento foliar da cultura, oriundos da presença de orvalho e água de gutação da planta de trigo.

A utilização de fungicidas, por sua vez, é um dos principais métodos de controle de tais doenças, apresentando grande efetividade de controle e redução dos níveis de danos e perdas para com a cultura do trigo (DEBONA et al., 2009; KUHNE JUNIOR et al., 2009; GODOY et al., 2000; PICININI; FERNANDES, 2001).

Entretanto, para que uma aplicação de fungicida atinja sua máxima eficácia de controle alguns pontos devem ser respeitados, como o momento biológico de controle (COOK; HIMS; VAUGHAN, 1999; FERNANDES; PICININI, 1999) e a tecnologia de aplicação adequada (AZEVEDO, 2007; MENEGHETTI, 2006; PANISSON et al., 2003). No tocante ao momento biológico de controle, o uso de sistemas de previsão, por exemplo, o coletor de esporos SIGA (GARDIANO et al., 2010; IGARASHI et al., 2008), auxilia na identificação inicial da doença na cultura, no planejamento e tomada de decisão da aplicação de fungicidas e na redução de eventuais contaminações ambientais e outras conseqüências indesejáveis decorrentes de aplicações desnecessárias (BARRETO; SCALOPPI, 2000).

Já no contexto da tecnologia de aplicação, inúmeros fatores influenciam concomitantemente no nível de controle das doenças. Entre eles estão: plantas alvo, fungicida e adjuvante utilizado, taxa de aplicação, tamanho de gotas pulverizadas, ângulo de pulverização, condições climáticas durante a pulverização, entre outros. Dentre estes, a taxa de aplicação ( $L \cdot ha^{-1}$ ) utilizada é o principal fator inerente ao deslocamento das gotas pulverizadas até o alvo, influenciando, assim, nos percentuais de cobertura, penetração e deposição das gotas sobre o dossel da cultura e, por conseguinte, na ação protetora e/ou curativa dos fungicidas (BUTLER

ELLIS; WEBB; WESTERN, 2004; MENEGHETTI, 2006; PANISSON et al., 2003; HALLEY et al., 2008; FRITZ et al., 2007).

Outro parâmetro a ser considerado é a dose aplicada do produto. Esta está atrelada tanto a eficácia de controle - ação fungistática sobre o agente causal objetivado - como também na possibilidade de ocorrência de resistência de fungos a fungicidas ao longo do tempo (BRENT, 1995; GHINI e KIMATI, 2000). Já a combinação entre doses e taxas de aplicação ( $L \cdot ha^{-1}$ ) gera concentrações distintas de ingredientes ativos na calda de pulverização, que atuarão na absorção foliar dos fungicidas através da superfície foliar e conseqüentemente na eficácia de controle (AZEVEDO, 2007; WANG; LIU, 2007; KIRKWOOD, 1999).

A absorção é ampliada pelo aumento da cobertura da gota na superfície vegetal, aumento da concentração dos ingredientes ativos e adjuvantes na calda aplicada (FORSTERS et al., 2004; FORSTERS et al., 2006), e pelo uso de massas moleculares menores quando de um mesmo adjuvante (NIELSEN et al., 2005; FORSTERS et al., 2004). Todavia, características inerentes à espessura e o grau de polaridade da camada de cutícula - dependentes da espécie vegetal da planta alvo e das condições ambientais em que tais plantas estão inseridas - influenciam diretamente neste processo de absorção (FERREIRA, 2002 e 2003; WANG; LIU, 2007; KIRKWOOD, 1999).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de doses e taxas de aplicação de fungicida no controle da ferrugem da folha e da mancha amarela do trigo.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O local de estudo do trabalho foi a fazenda escola da Universidade Estadual de Londrina ( $23^{\circ}20'30''S$   $51^{\circ}12'35''O$ ) com altitude aproximada de 560m. A classificação climática segundo Köppen é do tipo Cfa (verão quente e chuvoso, precipitação média anual de 1600 mm), enquanto o solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (EMBRAPA, 1999).

Utilizou-se o coletor de esporos SIGA associado a dados climáticos e de previsão de tempo (GARDIANO et al., 2010; IGARASHI et al., 2008) como um sistema de previsão de doenças a título de auxiliar na identificação das doenças antes da manifestação dos sintomas na cultura. Neste coletor são fixadas lâminas de

microscopia óptica com fita adesiva transparente de face dupla para aderência dos esporos presentes no ar. Estas lâminas foram são trocadas num intervalo de três dias cada para a identificação dos patógenos, que se dá através da observação em microscópio óptico.

Dois experimentos referentes a diferentes doses e taxas de aplicação do fungicida ciproconazol + azoxistrobina, concentrado emulsionável, com adição de 0,5% v.v. de óleo mineral foram realizados para dois cultivares distintos quanto à reação às doenças.

Experimento 1 – constituído de um fatorial 3 x 3 + testemunha sem controle, envolvendo os fatores dose comercial (0,25, 0,30 e 0,35 L.ha<sup>-1</sup>) e taxa de aplicação (143, 286 e 429 L.ha<sup>-1</sup>) de fungicida. Para tal utilizou-se o cultivar CD 104, ciclo médio (aproximadamente 120 dias), caracterizado como susceptível à ferrugem da folha (*Puccinia triticina*), moderadamente susceptível ao oídio (*Blumeria graminis*) e manchas foliares (*Phaeosphaeria nodorum*, *Cochliobolus sativus*, *Pyrenophora tritici-repentis*), e susceptível à brusone (*Magnaporthe grisea*) e à giberela (*Gibberella zeae*). Esta cultivar foi semeada em 23 de abril de 2010, tendo 250 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-14-8 (NPK) como adubação no momento da semeadura.

Experimento 2 - constituído de um fatorial 2 x 2 + testemunha sem controle, sendo o primeiro fator referente à dose comercial (0,2 e 0,3 L.ha<sup>-1</sup>) e o segundo à taxa de aplicação (143 e 286 L.ha<sup>-1</sup>) do fungicida. Para este experimento utilizou-se a cultivar BRS 208, caracterizada como resistente à ferrugem da folha (*P. triticina*), moderadamente resistente ao oídio (*B. graminis*) e às manchas foliares (*P. nodorum*, *C. sativus*, *P. tritici-repentis*), e moderadamente susceptível à brusone (*M. grisea*) e à giberela (*G. zeae*). Sua semeadura foi efetuada no dia 19 de abril de 2010, tendo 250 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-14-8 (NPK) como adubação no momento da implantação da cultura.

Em ambos os experimentos as aplicações foram efetuadas por meio de um pulverizador costal pressurizado via CO<sub>2</sub>, utilizando-se seis pontas de pulverização XR 110-02, jato plano simples, espaçadas 0,5 m entre si, sob pressão de trabalho de 250 kPa, gerando uma taxa de aplicação de 143 L.ha<sup>-1</sup> na velocidade de deslocamento de 6 km.h<sup>-1</sup>, com gistas classificadas como finas segundo o fabricante. As diferentes taxas de aplicações nos experimentos foram obtidas por meio de uma, duas e até três passadas de aplicação, a fim de não influenciar no

tamanho de gotas pulverizadas em cada tratamento. Reaplicações de fungicida foram realizadas num intervalo de 20 dias cada.

O início das aplicações de fungicida se deu para o experimento 1 quando da observação dos primeiros sintomas de ferrugem da folha (estádio de alongação de colmo) e para o experimento 2 dos primeiros sintomas de mancha amarela (estádio de florescimento). Totalizaram-se três aplicações de fungicida para o experimento 1 e duas aplicações para o experimento 2. As características e condições climáticas durante as aplicações estão descritas na Tabela 4.1.

Avaliações de severidade da doença foram realizadas periodicamente a cada 7 dias com o auxílio da escala diagramática da Embrapa (1997). Foram construídas curvas de progresso das doenças seguido do cálculo da AACPD (áreas abaixo da curva de progresso da doença) para a ferrugem da folha (*P. triticina*) no experimento 1 e para a mancha amarela (*P. tritici-repentis*) no experimento 2. Foram realizadas ainda no experimento 1 duas avaliações do percentual de severidade de mancha amarela (*P. tritici-repentis*) nas folhas bandeiras do trigo, decorrente da manifestação tardia da doença. A equação utilizada para o cálculo da AACPD foi:

$$\text{AACPD} = \sum_{i=1}^{n-1} [(X_i + X_{i+1}) / 2](t_{i+1} - t_i)$$

Onde X é a severidade da doença, n é o número de avaliações e t é o intervalo de tempo entre as avaliações de severidade.

A estimativa de produtividade e peso hectolitro, padronizados em 13% de umidade, foram obtidos a partir da colheita manual de 3 m<sup>2</sup>. Análises de variâncias, seguidas do teste Tukey a 5% de probabilidade, foram efetuadas para os tratamentos inerentes aos fatoriais (dose x taxa de aplicação). Diferenças de cada tratamento isoladamente perante à testemunha sem controle foi observada por meio do teste de Dunnet em nível de 5% de probabilidade.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

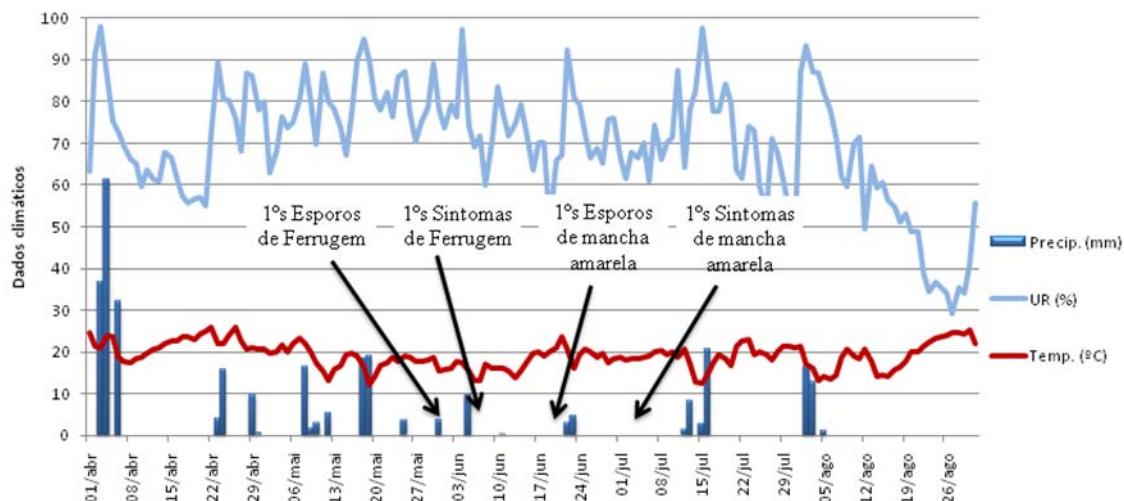
Todas as aplicações de fungicida foram efetuadas no período da manhã, período em que a temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento ( $< 4 \text{ km.h}^{-1}$ ) encontravam-se adequadas para a aplicação de fungicida (RAMOS e PIO, 2008). As datas e as condições de temperatura e umidade relativa do ar encontram-se na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1** – Datas e condições climáticas observadas durante as aplicações de fungicida dos tratamentos estudados para o controle da ferrugem da folha (*P. triticina*) e mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*), Londrina-PR, 2010.

Experimento	1º Aplicação			2º Aplicação			3º Aplicação		
	Data	Temp.	UR	Data	Temp.	UR	Data	Temp.	UR
1	09/jun	24,4°C	77%	29/jun	27,5°C	65%	19/jul	25,4°C	65%
2	05/jul	24,2°C	62%	25/jul	23,5°C	64%	-	-	-

O coletor de esporos SIGA mostrou-se eficaz como sistema de previsão de doenças ao identificar esporos de doenças de trigo no ar antes de sua infecção efetiva sobre a cultura. Os primeiros esporos fitopatogênicos observados foram os da ferrugem da folha (*P. triticina*) em 02 de junho, apresentando manifestação sintomática (cultivar CD 104) sete dias depois. Já os esporos de mancha amarela (*P. tritici-repentis*) foram observados somente a partir de 22 de junho, com observação dos primeiros sintomas no cultivar BRS 208 após treze dias após, e no cultivar CD 104 após dezessete dias. Propágulos de *C. sativus* também foram detectados pelo coletor, porém não resultou em danos significativos devido a ocorrência somente de traços da doença no campo. Na Figura 4.1 estão demonstradas as datas dos surgimentos dos primeiros esporos e sintomas das doenças associado às condições climáticas ocorridas durante a condução dos experimentos.

**Figura 4.1 –** Dados diários de precipitação (mm) e temperatura (°C) relacionados ao surgimento dos primeiros esporos e sintomas da ferrugem da folha (*P. triticina*) e da mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*), em Londrina-PR – safra 2010.



**Fonte:** Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR.

Os resultados relativos aos dois experimentos estão apresentados separadamente a título de facilitar o entendimento, contudo, uma discussão conjunta, envolvendo os dois experimentos, foi realizada.

#### 4.3.1 Experimento 1

Quanto aos resultados do experimento 1 não foi verificada interação entre os fatores dose e taxa de aplicação de fungicida para nenhuma das variáveis analisadas, conforme pode ser observado na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2 –** Valores de probabilidade de F obtidos da análise de variância do fatorial dose x taxa de aplicação de fungicida para AACPD, severidade da mancha amarela (*P. tritici-repentis*) na folhas bandeiras nos estádio de grãos leitosos e grãos em massa, produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e peso hectolitro (g).

Fonte de variação	AACPD	Severidade de mancha amarela Grãos leitosos	Severidade de mancha amarela Grãos em massa	Produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	Peso hectolitro (g)
	<u>Pr &gt; Fc</u>	<u>Pr &gt; Fc</u>	<u>Pr &gt; Fc</u>	<u>Pr &gt; Fc</u>	<u>Pr &gt; Fc</u>
Dose de fungicida	0,3786	0,2923	0,0036**	0,6004	0,0485*
Taxa de Aplicação	0,4412	0,8814	0,7734	0,2997	0,3973
Dose x Taxa de aplicação	0,7404	0,6251	0,9569	0,1269	0,7342
CV(%)	15,93	20,67	21,70	25,35	2,99

\* e \*\* Significativo à 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A análise estatística relativa à área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem da folha não evidencia diferenças significativas entre as doses ou taxas de aplicação de fungicidas estudados, apresentando, somente efeito da aplicação de fungicida em relação à testemunha sem controle (Tabela 4.3).

A manifestação da mancha amarela (*P. tritici-repentis*) neste experimento 1 foi tardia em virtude das aplicações de fungicida mais antecipadas para o controle da ferrugem da folha. Todavia, a análise estatística acerca da severidade nas folhas bandeira da cultura demonstrou apenas efeito de dose de fungicida no controle da mancha amarela (Tabela 4.4). Apesar das diferenças serem pequenas entre os tratamentos aplicados, e todos eles diferirem da testemunha sem controle, o uso da maior dose de fungicida ( $0,35 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) demonstra redução nos índices de severidade.

**Tabela 4.3 –** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em função da dose (0,25, 0,30 e 0,35 L.ha<sup>-1</sup>) e da taxa de aplicação (143, 286 e 429 L.ha<sup>-1</sup>) de fungicida para o controle da ferrugem da folha do trigo (*P. triticina*), Londrina-PR, 2010.

	<u>0,25 L.ha<sup>-1</sup></u>	<u>0,30 L.ha<sup>-1</sup></u>	<u>0,35 L.ha<sup>-1</sup></u>
Dose	792,90 a*	733,17 a*	732,03 a*
Taxa de aplicação	<u>143 L.ha<sup>-1</sup></u>	<u>286 L.ha<sup>-1</sup></u>	<u>429 L.ha<sup>-1</sup></u>
	788,40 a*	742,53 a*	727,17 a*
Testemunha sem controle	2117,51		

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. \* Diferem da testemunha sem controle pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade. O coeficiente de variação (CV %) refere-se a análise de variância do fatorial dose x taxa de aplicação.

**Tabela 4.4 –** Severidade da mancha amarela trigo (*P. tritici-repentis*) na folha bandeira em função da dose (0,25, 0,30 e 0,35 L.ha<sup>-1</sup>) e da taxa de aplicação (143, 286 e 429 L.ha<sup>-1</sup>) de fungicida, nos estádios fenológicos de grãos leitosos e em massa, Londrina-PR, 2010.

Estádio - Grãos leitosos			
	<u>0,25 L.ha<sup>-1</sup></u>	<u>0,30 L.ha<sup>-1</sup></u>	<u>0,35 L.ha<sup>-1</sup></u>
Dose	4,50 a*	4,37 a*	3,53 a*
Taxa de aplicação	<u>143 L.ha<sup>-1</sup></u>	<u>286 L.ha<sup>-1</sup></u>	<u>429 L.ha<sup>-1</sup></u>
	4,21 a*	4,18 a*	4,04 a*
Testemunha sem controle	20,67		
Estádio - Grãos em massa			
	<u>0,25 L.ha<sup>-1</sup></u>	<u>0,30 L.ha<sup>-1</sup></u>	<u>0,35 L.ha<sup>-1</sup></u>
Dose	6,58 a*	7,33 a*	4,25 b*
Taxa de aplicação	<u>143 L.ha<sup>-1</sup></u>	<u>286 L.ha<sup>-1</sup></u>	<u>429 L.ha<sup>-1</sup></u>
	6,08 a*	6,16 a*	5,91 a*
Testemunha sem controle	22		

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. \* Diferem da testemunha sem controle pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade. O coeficiente de variação (CV %) refere-se a análise de variância do fatorial dose x taxa de aplicação.

No tocante aos parâmetros de rendimento, produtividade e peso hectolitro dos grãos, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos inerentes à dose e à taxa de aplicação de fungicida, diferindo estes tratamentos apenas da testemunha sem controle (Tabela 4.5).

**Tabela 4.5 –** Produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e peso hectolitro (g) em função da dose (0,25, 0,30 e 0,35  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e da taxa de aplicação (143, 286 e 429  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de fungicida para o controle da ferrugem da folha (*P. triticina*) e mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*), Londrina-PR, 2010.

Produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )			
Dose	<u>0,25 <math>\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}</math></u>	<u>0,30 <math>\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}</math></u>	<u>0,35 <math>\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}</math></u>
	2003,24 a*	2138,73 a*	1927,76 a*
Taxa de aplicação	<u>143 <math>\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}</math></u>	<u>286 <math>\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}</math></u>	<u>429 <math>\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}</math></u>
	1967,77 a*	2212,38 a*	1889,57 a*
Testemunha sem controle		1249,41	
Peso hectolitro (g)			
Dose	<u>0,25 <math>\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}</math></u>	<u>0,30 <math>\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}</math></u>	<u>0,35 <math>\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}</math></u>
	69,33 a	70,41 a	70,75 a
Taxa de aplicação	<u>143 <math>\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}</math></u>	<u>286 <math>\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}</math></u>	<u>429 <math>\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}</math></u>
	69,58 a	69,91 a	71,10 a
Testemunha sem controle		69,75	

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. \* Diferem da testemunha sem controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. O coeficiente de variação (CV %) refere-se a análise de variância do fatorial dose x taxa de aplicação.

#### 4.3.3 Experimento 2

A análise estatística não verificou interação significativa entre dose e taxa de aplicação de fungicida em nenhuma das variáveis analisadas, conforme pode ser observado na Tabela 4.6.

**Tabela 4.6 –** Valores de probabilidade de F obtidos da análise de variância do fatorial dose x taxa de aplicação de fungicida para AACPD, produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e pssso hectolitro (g).

Fonte de variação	AACPD	Produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	Peso hectolitro (g)
	<u>Pr &gt; Fc</u>	<u>Pr &gt; Fc</u>	<u>Pr &gt; Fc</u>
Dose de fungicida	0,0027**	0,1082	0,2935
Taxa de Aplicação	0,0012**	0,2731	0,4267
Dose x Taxa de aplicação de fungicida	0,5623	0,7126	0,6145
CV (%)	8,86	11,22	7,85

\*\* Significativo à 1% de probabilidade pelo teste F.

A variável AACPD, função dos níveis de severidade da mancha amarela, evidenciou que o uso da dose  $0,3 \text{ L.ha}^{-1}$  e da taxa de aplicação de  $286 \text{ L.ha}^{-1}$  apresentaram maiores nível de controle de tal doença. Todos os tratamentos que recebeu aplicação de fungicida diferiram da testemunha sem controle (Tabela 4.7).

**Tabela 4.7 –** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em função da dose ( $0,20$  e  $0,30 \text{ L.ha}^{-1}$ ) e da taxa de aplicação ( $143$  e  $286 \text{ L.ha}^{-1}$ ) de fungicida no controle da mancha amarela (*P. tritici-repentis*), Londrina-PR, 2010.

AACPD		
Dose	<u><math>0,2 \text{ L.ha}^{-1}</math></u>	<u><math>0,3 \text{ L.ha}^{-1}</math></u>
	559,00 b*	454,00 a*
Taxa de Aplicação	<u><math>143 \text{ L.ha}^{-1}</math></u>	<u><math>286 \text{ L.ha}^{-1}</math></u>
	550,52 b*	460,50 a*
Testemunha sem controle	1040,77	

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. \* Diferem da testemunha sem controle pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade. O coeficiente de variação (CV %) refere-se a análise de variância do fatorial dose x taxa de aplicação.

Quanto aos parâmetros de rendimento, produtividade e peso hectolitro, nenhuma dose ou taxa de aplicação diferiram estatisticamente entre si, diferindo apenas da testemunha sem controle (Tabela 4.8).

**Tabela 4.8 –** Produtividade ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) e peso hectolitro (g) em função da dose ( $0,20$  e  $0,30 \text{ L.ha}^{-1}$ ) e da taxa de aplicação ( $143$  e  $286 \text{ L.ha}^{-1}$ ) de fungicida para o controle da mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*), Londrina-PR, 2010.

Dose	Produtividade ( $\text{kg.ha}^{-1}$ )		Peso hectolitro	
	<u><math>0,2 \text{ L.ha}^{-1}</math></u>	<u><math>0,3 \text{ L.ha}^{-1}</math></u>	<u><math>0,2 \text{ L.ha}^{-1}</math></u>	<u><math>0,3 \text{ L.ha}^{-1}</math></u>
	3364,06 a*	3591,87 a*	69,55 a	70,21 a
Taxa de Aplicação	<u><math>143 \text{ L.ha}^{-1}</math></u>	<u><math>286 \text{ L.ha}^{-1}</math></u>	<u><math>143 \text{ L.ha}^{-1}</math></u>	<u><math>286 \text{ L.ha}^{-1}</math></u>
	3651,99 a*	3303,94 a*	70,35 a	69,89 a
Testemunha sem controle	2116,75		69,92	

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. \* Diferem da testemunha sem controle pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade. O coeficiente de variação (CV %) refere-se a análise de variância do fatorial dose x taxa de aplicação.

### 4.3.3 Discussão

Este trabalho evidencia, a priori, efeito de doses e taxas de aplicação de fungicida apenas no controle da mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*), não influenciando, contudo, nos parâmetros de rendimento da cultura. O aumento da dose de fungicida promove melhoria nos níveis de controle da mancha amarela do trigo em ambas cultivares (CD 104 – susceptível; BRS 208 – moderadamente resistente), assim como aumento da taxa de aplicação exerce influência para o cultivar BRS 208.

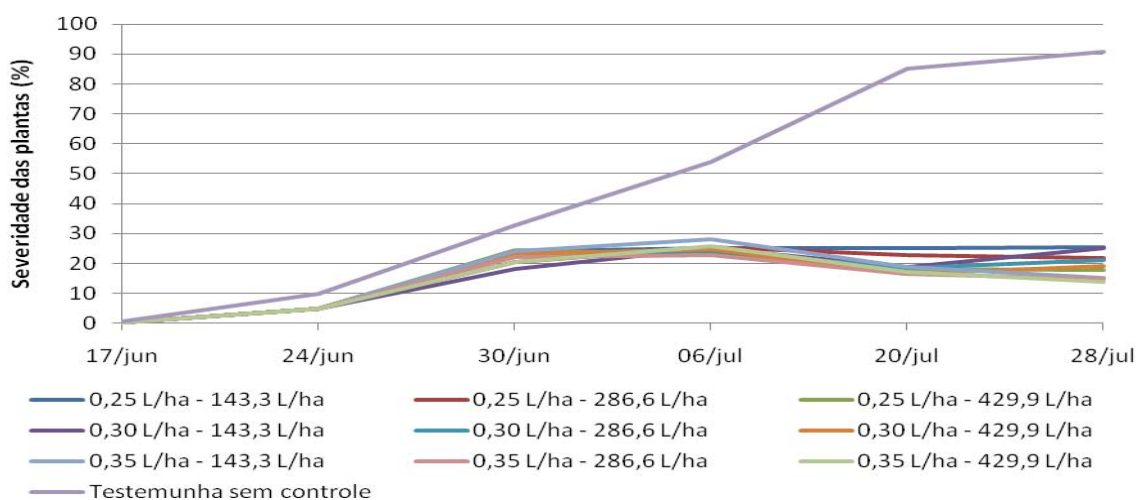
Este resultado denota que a mancha amarela do trigo sofreu maior influência dos fatores inerentes à tecnologia de aplicação para seu controle, mesmo em cultivares moderadamente resistentes (BRS 208).

O desenvolvimento epidêmico diferenciado das doenças em questão, ferrugem da folha (*P. triticina*) e mancha amarela (*P. tritici-repentis*) do trigo, são provenientes da: agressividade/virulência de cada agente causal; momento de surgimento dos primeiros esporos e sintomas; reação distinta de cada cultivar estudado; e as condições climáticas ocorridas durante a condução dos experimentos neste ambiente de estudo.

Os inícios do desenvolvimento da ferrugem da folha (17 de junho) no cultivar CD 104 bem como da mancha amarela (30 de junho) no cultivar BRS 208, se deu em um período de baixa precipitação pluviométrica (Figura 4.1), resultando, contudo em níveis elevados de severidade finais sobre a cultura, em torno 90% e 40%, respectivamente. A explicação para este fato decorre da associação da presença de inóculo na área (sintomas), temperaturas amenas aliada ao molhamento foliar proveniente do orvalho e gutação, características inerentes da estação do ano na região e da cultura do trigo, respectivamente.

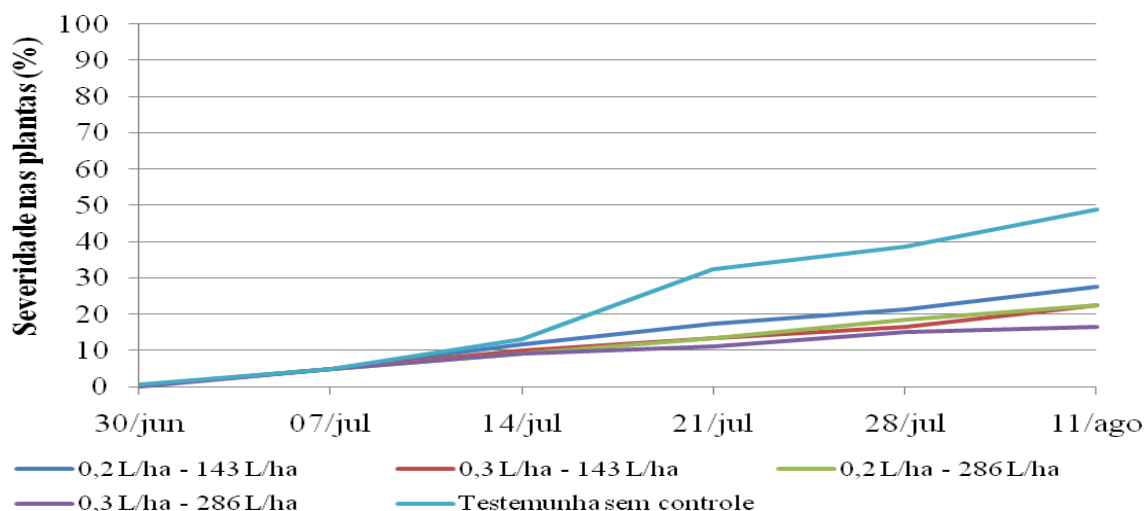
Observando-se a curva de progresso da ferrugem da folha do trigo no experimento 1 (Figura 4.2), pode-se notar que o desenvolvimento epidêmico da doença, entre os tratamentos que receberam aplicação de fungicida e a testemunha sem controle, teve nítida discrepância a partir do dia 17 de junho - oito dias após a primeira aplicação de fungicida.

**Figura 4.2 –** Curvas de progresso da doença da ferrugem da folha (*P.triticina*) em função das doses e taxas de aplicação de fungicida testados, Londrina-PR, 2010



Já a curva de progresso relativa à mancha amarela do trigo para o experimento 2 (Figura 4.3) também demonstra diferenciação acentuada, entre os tratamentos com aplicação de fungicida e a testemunha sem controle, a partir do dia 14 de julho - nove dias após a primeira aplicação de fungicida.

**Figura 4.3 –** Curvas de progresso da mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*) em função das doses e taxas de aplicação de fungicida testados.



Por meio das curvas de progresso observa-se que a aplicação de fungicida não inibiu o gradativo aumento da severidade da ferrugem da folha e da mancha amarela de cada experimento, mas sim reduziu as taxas de

desenvolvimento das doenças. Tal fato se deve as aplicações serem realizadas curativamente, ou seja, após a manifestação dos sintomas da ferrugem da folha (experimento 1) e da mancha amarela do trigo (experimento 2), o que denota a existência de infecções incubadas (sem manifestação sintomática) nas plantas no momento das primeiras aplicações de fungicida.

Por não ter sido verificada nenhuma interação significativa entre dose e taxa de aplicação de fungicida para nenhuma variável analisada em ambos os experimentos (Tabela 4.2 e 4.6), assume-se que o efeito da concentração de fungicida na calda de pulverização não foi evidenciado por este estudo. No entanto, sabe-se que as concentrações de ingrediente ativo de fungicida na calda estão intimamente inter-relacionadas a absorção dos fungicidas sistêmicos pela cultura e, conseqüentemente, com o nível de controle das doenças.

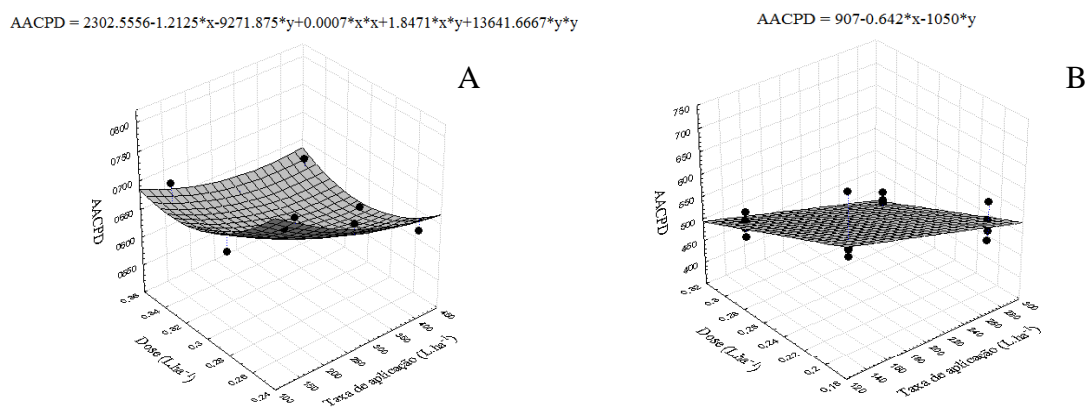
Tal fato é embasado nos inúmeros resultados relativos à absorção de fungicidas do mesmo grupo químico trabalhado neste estudo para a cultura do trigo, que demonstram que a absorção incrementa-se com: o aumento da cobertura da gota na superfície vegetal, aumento da concentração dos ingredientes ativos (FORSTERS et al., 2004), aumento da concentração dos adjuvantes utilizados (FORSTERS et al., 2006) e o uso de massas moleculares menores quando de um mesmo adjuvante (NIELSEN et al., 2005; FORSTERS et al., 2004).

Todavia, estes trabalhos foram realizados sob condições laboratoriais o que reduz concomitantemente a influência dos fatores externos. Tais fatores referem-se principalmente as características ligadas à camada da cutícula da planta alvo, que é dependente da espécie vegetal e das condições ambientais em que tais plantas estão inseridas (FERREIRA, 2002 e 2003; WANG; LIU, 2007; KIRKWOOD, 1999), bem como das características inerentes a tecnologia de aplicação: momento biológico de controle, percentual de cobertura e penetração das gotas pulverizadas no dossel da cultura, propriedades físico-químicas da calda, adjuvantes e ingredientes ativos utilizados, condições climáticas durante a aplicação, entre outros (FORSTERS et al., 2004 e 2006; KNOCHE et al., 1998; KNOCHE; BUKOVAC, 1999 e 2000; WANG; LIU, 2007; KIRKWOOD, 1999).

Apesar de ser evidenciado estatisticamente apenas influência do aumento da dose e da taxa de aplicação, isoladamente, para o controle da mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*), pode-se observar pela Figura 4.4 que o aumento das taxas de aplicação associadas ao aumento da dose de fungicida tendem a

reduzir os níveis de severidade tanto da ferrugem da folha (CD 104 - experimento 1) como da mancha amarela do trigo (BRS 208 - experimento 2).

**Figura 4.4 –** AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença) em função da dose e taxa de aplicação de fungicida. A (ferrugem da folha do trigo - CD 104). B (mancha amarela do trigo - BRS 208)



Embora maiores taxas de aplicação resultem necessariamente redução na concentração de ingrediente ativo na calda de pulverização, esta promove maiores níveis de cobertura pelas gotas sobre a superfície foliar, o que influencia também no aumento da absorção de fungicidas (FORSTERS et al., 2004).

Trabalhos de Forcelini (2008) e Oliveira et al. (2007) exemplificam claramente a complexidade no entendimento de todos estes fatores. Estes autores estudaram os efeitos de doses e taxas de aplicação de fungicida no controle da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) e ferrugem da aveia (*Puccinia coronata f. sp. avenae*), respectivamente. Ambos os autores encontraram melhores níveis de controle com o uso de maiores taxas de aplicação, independentemente da dose de fungicida empregada. Eles notam ainda que são necessárias maiores doses de fungicida quando da utilização de menores taxas de aplicação para o mesmo nível de controle.

Neste sentido, infere-se que a concentração de ingrediente ativo na calda de pulverização apresenta menor influência do que a dose e a taxa de aplicação propriamente dita no controle das doenças, pois esta é alterada em função da presença de orvalho – diluição - ou pelo secamento natural das gotículas – aumento da concentração (AZEVEDO, 2007; RODRIGUES, 2003).

Acerca das doses de fungicidas, Brent (1995), consultor da FRAC (Fungicide Resistance Action Committee), relata que as doses recomendadas pelo

fabricante devem ser empregadas impreterivelmente de forma integral e única. A redução ou aumento da dose, apesar de inicialmente reduzir a velocidade de multiplicação de indivíduos já resistentes, favorece o desenvolvimento da resistência através da mutação e/ou recombinação genética dos indivíduos sobreviventes, tornando estes resistentes a doses superiores no futuro. Este argumento é em função das inúmeras tecnologias utilizadas na aplicação de fungicidas nas culturas em geral.

Diversos são os mecanismos envolvidos na resistência de fungos a fungicidas, estes em sua maioria pouco conhecidos. O principal deles refere-se às modificações que ocorrem no sítio de ação do fungicida junto ao fungo, diminuindo sua afinidade ao produto. Outros mecanismos de resistência podem estar associados ainda: à utilização de rotas metabólicas alternativas em tal sítio de ação; à redução na absorção; ao aumento do fluxo de fungicidas das células dos fungos; a um aumento compensatório na produção da enzima alvo do fungicida; e a detoxicação do fungicida pelos fungos (GHINI e KIMATI, 2000).

É de suma importância considerar todos os fatores ambientais envolvidos no desenvolvimento e resistência de uma doença na interpretação dos resultados obtidos em estudos de tecnologia de aplicação, pois existe grande discrepância entre os resultados inerentes aos parâmetros de deposição e/ou cobertura das gotas em relação aos de resistência e eficácia agrônômica. Esse argumento é balizado, por exemplo, na melhoria nos níveis de deposição da calda sobre as anteras do trigo quando do uso de duas pontas de pulverização (angulações diferentes) em um mesmo ponto da barra de pulverização (PANISSON et al., 2003), sem resultar, no entanto, em melhoria na eficácia de controle da giberela do trigo (PANISSON et al., 2004).

Com base em todas as considerações supracitadas acerca do papel da dose e da tecnologia de aplicação de fungicidas é notório o entendimento de que existe a necessidade novos estudos nesta área, tanto em relação ao nível de controle das doenças como também a resistência de fungos a fungicidas. Atentando-se ainda para o fato de que existe a tendência natural no campo de se reduzir as taxas de aplicação em decorrência do aumento da eficiência operacional e redução no consumo de água, com o objetivo de diminuir o custo energético para a produção agrícola como um todo.

#### 4.4 CONCLUSÃO

Pode se concluir que:

- Não foi possível verificar o papel da concentração de fungicida na calda de pulverização no controle da ferrugem da folha do trigo (*P. triticina*) e da mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*);
- O aumento das doses de fungicida proporcionou melhoria nos níveis de controle da mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*) nas cultivares CD 104 e BRS 208, susceptível e moderadamente resistente a tal doença, respectivamente;
- O uso da taxa de aplicação de 286 L.ha<sup>-1</sup> em relação 143 L.ha<sup>-1</sup> reduziu os níveis de severidade da mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*) somente para a cultivar BRS 208, moderadamente resistente a tal doença, sem apresentar, contudo, influência para a cultivar CD 104, caracterizada como susceptível.
- A aplicação de fungicida, independentemente da dose e da taxa de aplicação, resultou em maiores níveis de controle da ferrugem da folha do trigo (*P. triticina*) e da mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*) em relação à testemunha sem controle, reduzindo os níveis de danos.

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

Pode-se primeiramente concluir que o coletor de esporos SIGA foi uma ferramenta de substancial importância para o manejo da ferrugem da folha (*P. triticina*) e mancha amarela do trigo (*P. tritici-repentis*), pois identificou esporos de tais agentes causais no ar antes da manifestação de sintomas nas plantas, gerando, contudo, uma informação essencial para o planejamento e tomada de decisão da aplicação de fungicida na cultura.

No tocante ao nível de controle e concomitante dano ocasionado na cultura do trigo pela ferrugem da folha (*P. triticina*) e mancha amarela (*P. tritici-repentis*), pode-se concluir que o momento de aplicação de fungicida, no quesito dano proporcionado, exerce um papel de maior relevância do que a dose e a taxa de aplicação de fungicidas propriamente ditos. Quanto maior o atraso na aplicação de fungicida, menor é o percentual de controle, e consequentemente maiores são os danos.

Com relação aos parâmetros relacionados à tecnologia de aplicação estudados neste trabalho, não foi possível verificar efeito da concentração de fungicida na calda de pulverização quanto ao controle da ferrugem da folha e da mancha amarela do trigo. Aplicações de fungicida, independentemente da tecnologia adotada, foram consideradas eficazes para controle das referidas doenças, reduzindo substancialmente os danos ocasionados quando compara-se com a testemunha sem controle. Porém, foi possível verificar melhoria nos níveis de controle da mancha amarela do trigo tanto com o uso de maiores doses como de taxas de aplicação, mesmo em cultivar caracterizado como moderadamente resistente a tal doença, não sendo verificado em contrapartida o mesmo efeito para a ferrugem da folha.

Por fim, conclui-se que eficácia da aplicação de fungicida sofre influencia concomitantemente da relação existente entre o agente causal e o cultivar utilizado, do momento biológico de controle e da tecnologia de aplicação adotada.

## REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. 5ed. Califórnia: Academic Press, 2004. 922p.
- ANTUNIASSI, U.R. **Tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja**. Rondonópolis: Fundação MT, v.1, n.9, p.174-186, 2005. (Boletim de Pesquisa Soja).
- ANTUNIASSI, U.R.; ABI SAAB, O.J.G. Avaliação da porcentagem de cobertura pelas gotas de aplicações fitossanitárias em videiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.205-211, 1998.
- ARDUIM, G.S. **Sensibilidade de raças de Puccinia triticina a fungicidas**. 2009. Tese (doutorado em fitopatologia). Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo – RS, 2009.
- AZEVEDO, L.A.S. **Fungicidas sistêmicos – teoria e pratica**. 1.ed. Campinas: EMOPI, 2007. 283 p.
- AZEVEDO, L. A. S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas**. Campinas, SP: Emopi Gráfica, 2001. 230 p.
- BALAN, M.G. **Diagnóstico e proposta de descrição metodológica para trabalhos técnicos-científicos que tratam da avaliação e do efeito da aplicação de produtos fitossanitários**. 2009. Tese (doutorado em agronomia). Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR, 2009.
- BARRETO, M.; SCALOPPI, E.A.G. Sistemas de previsão de doenças de hortaliças. In.: ZAMBOLIM, L. **Manejo Integrado de doenças, pragas e plantas daninhas**, 2000. P. 196 – 184.
- BARROS, B.C.; CASTRO, J.L.; PATRICIO, F.R.A. Resposta de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao controle químico das principais doenças fúngicas da cultura. **Summa phytopathologica**, v.32, n.3, p.239-246, 2006.
- BOLLER, W.; FORCELINI, C.A.; HOFFMANN, L.L; CASA, R.T. **Tecnologia de aplicação de fungicidas – parte II**. Revisão anual de patologia de plantas – RAPP, v.16, 2008, 85-132p.
- BOLLER, W.; FORCELINI, C.A.; HOFFMANN, L.L. **Tecnologia de aplicação de fungicidas – parte I**. Revisão anual de patologia de plantas – RAPP, v.15, 2007, 243-277p.
- BOLTON. M.D.; KOLMER, J.A.; GARVIN, D.F. Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. **Molecular Plant Pathology** , v.9, n.5, 2008. p.563-575.
- BRENT, K.J. Resistencia a fungicidas em patógenos de plantas cultivadas: como manejá-la? **FRAC Monografia**, n.1. GCPF, Bruxelas,1995.
- BUCK, J.W.; WISE, K.; DONG, W. Effect of postsymptom application of fungicides on urediniospore production by *Puccinia triticina* on wheat and *P. hemerocallidis* on daylily. **Plant Pathology**, v.95, n.3, 2011, p.325-330.

- BUTLER ELLIS, M.C.; WEBB, A.; WESTERN, N. The effect of different spray liquids on the foliar retention of agricultural sprays by wheat plants in a canopy. **Pest Management Science**, v.60, p.786-794, 2004.
- BUTLER ELLIS, M.C.; TUCK, C.R; MILLER, P.C.H. The effect of some adjuvants on sprays produced by agricultural flat fan nozzles. **Crop Protection**, v.16, n.1, p. 41-50, 1997.
- CANTERI, M.G.; CARAMORI, P.; TSUKAHARA, R.; SILVA, O.C.; FARIA, R.; GODOY, C.V. A system to map risk of infection by *Phakopsora pachyrhizi* for Parana State, Brazil. **Phytopathology**, v.95, n.16, 2005 (Abstract).
- CANTERI, M.C. Mapas de risco de epidemias. **Fitopatologia brasileira**, v.29, p. 27-28, 2004. (Suplemento)
- CARDOSO, C.A.A. **Desenvolvimento de um sistema de aviso para a brusone do trigo causada por *Pyricularia grisea***. 2006. dissertação (mestrado em agronomia). Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo-RS, 2006.
- CARMONA, M.; REIS, E.M.; CORTESE, P. **Royas Del trigo: Sintomas, Epidemiología y Estrategias de control**. 2000, 21p.
- CHAVES, M.S.; BARCELLOS, A.L. Especialização fisiológica de *Puccinia triticina* no Brasil em 2002. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, n.1, 2006.
- CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre deriva na pulverização**. São Paulo: Teejet South América, 1999. 15p. (Boletim técnico. BT-04/99).
- COOK, R.J.HIMS, M.J.; VAUGHAN, T.B. Effects of fungicide spray timing on winter wheat disease Control. **Plant Pathology**, v.48, p 33-50, 1999.
- COUTINHO, P.; CORDEIRO, C.M. A ponta de pulverização – cuidado na escolha. In: Encontro técnico Tecnologia de aplicação de agrotóxicos, 2003, Cascavel. **Anais...** Cascavel: Copavel/Coodetec/Bayer Crop Science, 2003. 122p
- CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; COURY, J.R.; FERREIRA, L.R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.2, p.325-332, 2003.
- DALLAGNOL, L.J.; BALARDIN, R.S.; NAVARINI, L.; KIRINUS, E.M. Influencia das doenças foliares no rendimento de grão na cultura do trigo. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.13, n.2, p. 20-27. 2006.
- DEBONA, D.; FAVERA, D.D.; CORTE, G.D.; DOMINGUES, L.S.;BALARDIN, R.S. Controle químico da ferrugem da folha em trigo submetidas a diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Revista da FZVA**.Uruguaiana, v.16, n.1, p. 52-65, 2009
- DEL PONTE, E.M.; GODOY, C.V.; LI, X.; YANG, X.B. Predict severity of Asian soybean rust with empirical rainfall models. **Phytopathology**, v.96, p. 797-803, 2006. (Abstract).

DEL PONTE, E.M.; FERNANDES, J.M.C; PAVAN, W. A risk infection simulation model for *Fusarium* head blight of wheat. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n.6, p. 634-642, 2005.

DEL PONTE, E.M.; FERNANDES, J.M.C.; PIEROBOM, C.R.; BERGSTROM, G.C. Giberela do Trigo – Aspectos epidemiológicos e modelos de previsão. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, n.6, p.587-605, 2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2011**. - Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. Reunião da comissão centro sul brasileira de pesquisa de trigo e triticales. **Indicações técnicas da comissão centro sul-brasileira de pesquisa de trigo e triticales para a safra de 2008**. Passo Fundo, RS, p.172, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. Reunião da comissão centro sul brasileira de pesquisa de trigo e triticales. **Indicações técnicas da comissão centro sul-brasileira de pesquisa de trigo e triticales para a safra de 2005**. Cruz Alta, RS: FUNDACEP, p.162, 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-CNPS, 1999.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. **Cultivares de trigo do Paraná**. Londrina: Embrapa/CNPSSO, Circular Técnica, 18, 1997. 148p.

FERNANDES, J.M.C.; PICININI, E.C. **Controlando as doenças de trigo na hora certa**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 3p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 22). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_co22.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co22.htm)>. Acesso em: 26 junho 2010.

FERREIRA, E.A. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. IV - *Amaranthus deflexus*, *Amaranthus spinosus*, *Alternanthera tenella* e *Euphorbia heterophyll*. **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.263-271, 2003.

FERREIRA, E.A. Estudos anatômicos de folhas de plantas daninhas. I - *Nicandra physaloides*, *Solanum viarum*, *Solanum americanum* e *Raphanus raphanistrum*. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.159-167, 2002.

FORCELINI, C.A.; BOLLER, W.; CAUS, D.C.; TOREZAN, A. Definição da dose de um fungicida considerado o volume de calda em soja. In: SINTAG - SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 4. 2008. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto-SP. SINTAG, 2008.

FORSTER, W.A.; ZABKIEWICZ, J.A.; LIU, Z. Cuticular uptake of xenobiotics into living plants. Part 2: Influence of the xenobiotic dose on the uptake of bentazone, epoxiconazole and pyraclostrobin, applied in the presence of various surfactants, into *Chenopodium album*, *Sinapis alba* and *Triticum aestivum* leaves. **Pesticide Management Science**, v.62, p.664-672, 2006.

FORSTER, W.A.; ZABKIEWICZ, J.A.; RIEDERE, M. Mechanisms of cuticular uptake of xenobiotics into living plants: 1. Influence of xenobiotic dose on the uptake of three model compounds applied in the absence and presence of surfactants into *Chenopodium album*, *Hedera helix* and *Stephanotis floribunda* leaves. **Pesticide Management Science**, v.60, p. 1105-1113, 2004.

FRITZ, B.K.; HOFFMAN, W.C.; MARTIN, D.E.; THOMSON, S.J. Aerial application methods for increasing spray deposition on wheat heads. **Applied Engineering in Agriculture**, v.23, n.6, p.709-715, 2007.

GARDIANO, C.G.; BALAN, M.G.; FALKOSKI FILHO, J.; de CAMARGO, L.C.M.; de Oliveira, G.M.; IGARASHI, W.T.; SUDO, L.T. IGARSHI, S.; ABI SAAB, O.J.G.; CANTERI, M.G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja, baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.77, n.3, p.497-504, 2010.

GODOY, C.V.; OLIVEIRA, N.A.; PAIVA, S.B.; BASTOS, H.B. Eficiência do fungicida azoxistrobin no controle da ferrugem da folha e de manchas foliares do trigo. **Summa Phytopathologica**, v.26, n.1, p.258. 2000 (Resumo).

GRASSO, V.; SIEROTZKI, H.; GARIALDI, A.; GISI, U. Characterization of the cytochrome *b* gene fragment of *Puccinia* species responsible for the binding site of QoI fungicides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.84, p. 72-82, 2006.

GUINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. Jaguariúna – SP: Embrapa Meio Ambiente, 2002, 78 p.

HALLEY, S.; VAN EE; HOFMAN, V.; PANIGRAHI, S.; GU, H. Fungicide deposition measurements by spray volume, drop size, and prayer system in cereal grains. **Applied Engineering in Agriculture**, v.24, n.1, p.15-21, 2008.

HIRAKURI, M.H. **Avaliação econômica da produção de trigo no Estado do Paraná, para a safra 2011**. Embrapa Soja. Londrina-PR, 2011. (Circular técnica 84).

IGARASHI, S.; BALAN, M. G. Ferrugem na Soja. **Direto do Vale**. Vale do Paranapanema. v.1, p. 1-8, 16 agosto de 2004.

IGARASHI, S.; de OLIVEIRA, G.M.; de CAMARGO, L.C.M.; FALKOSKI FILHO, J.; BALAN, M.G. Danos ocasionados pela infecção de oídio em diferentes estádio fenológicos da soja. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.77, n.2, p.245-250, 2010.

IGARASHI, W.T., CAMARGO, L. C. M., IGARASHI, S., GARDIANO, C.G., OLIVEIRA, G. M., ABI-SAAB, O.J.G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja, baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Fitopatologia Brasileira**, v.34, p.98, 2008 (Suplemento).

KIRKWOOD, R.C. Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. **Pesticide Management Science**, v.55, p.69-77, 1999.

KNOCHE, M.; BUKOVAC, M.J. Spray application factors and plant growth regulator performance: III. Interaction of daminozide uptake, translocation and phytotoxicity in bean seedlings. **Pesticide Management science**, v.56, p.43-48, 2000.

KNOCHE, M.; BUKOVAC, M.J. Spray application factors and plant growth regulator performance: II Foliar uptake of gibberellic acid and 2,4-D. **Pesticide Management science**, v.55, p.166-174, 1999.

KNOCHE, M.; BUKOVAC, M.J.; NAKAGAWA, S.; CRABTREE, G.D. Spray application factors and plant growth regulator performance: I. Bioassays and biological response. **Pesticide Management Science**, v.54, 1998.

KUHNEM JUNIOR, P.R.; CASA, R.T; RIZZI, F.P.; MOREIRA, E.N.; BOGO, A. Desempenho de fungicidas no controle de doenças foliares em trigo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.8, n.1, p. 35-42, 2009.

LARSOLLE, A.ç WRETBLAD, P.ç WESTBERG, C. **A comparison of biological effect and spray liquid distribution and deposition for different spray application techniques in different crops**. SLU - Uppsala Department of Agricultural Engineering, Suecia, 2002.

MARTINELLI, J.A.; FEDERIZZI, L.C.; ROSA, C.E.; SILVA, I.F.; BOCCHESI, C.A.C. **Epidemiologia de espécies de *Pyrenophora* spp**. RAAP - Revisão anual de patologia de plantas. v.11, 2003.

MATTHEWS, G.A. Developments in application technology. **Environmentalist**, v.28, p.19-24, 2008.

MATTHEWS, G.A; THOMAS, N. Working towards more efficient application of pesticides. **Pest Management Science**, v.56, p.974-976, 2000.

MATUO, T.; PIO, L.C.; RAMOS, H.H.; FERREIRA, L.R. **Tecnologia de aplicação de defensivos e equipamentos de aplicação**. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV; 2006. (ABEAS. Curso Proteção de Plantas. Módulo 2.)

MEHTA, Y.H. **Manejo integrado de enfermedades del trigo**. Imprenta Landivar, Santa Cruz de La Sierra, Bolívia, 319 p., 1993

MENEGHETTI, R.C. **Tecnologias de aplicação na cultura do trigo**. 2006. Dissertação (mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria- RS, 2006.

NIELSEN, C.M.; STEELE, K.D.; FORSTER, J.A.; ZABKIEWICZ. Influence of dose and molecular weight foliar mass uptake of surfactant. **New Zealand Plant Protection**, v.58, p. 174-178, 2005.

OLIVEIRA, A.R.; BOLLER, W; FORCELINI, C.A.; BLUM, R.; LOPES, A. Fungicidas, doses e volume de calda no controle da ferrugem da folha da aveia (*Puccinia*

*coronata f. sp. avenae*). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.esp., p.48-55, jan. 2007.

OZEKI, Yasuzo. **Manual de aplicação aérea**. São Paulo: Editora do Autor, 2006. 101p.

PANISSON, E.; BOLLER, W.; REIS, E.M. Avaliação da deposição de calda em anteras de trigo, para o estudo do controle químico de giberela (*Gibberella zeae*). **Engenharia Agrícola**, v.24, n.1, p.111-120, 2004.

PANISSON, E.; BOLLER, W.; REIS, E.M.; HOFFMANN, L. Modificação de uma barra de pulverização para a aplicação de fungicida em trigo visando o controle de giberela. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.13-20, 2003.

PICININI, E. C.; FERNANDES, J.M.C. Efeito do tratamento de sementes com fungicida sobre o controle de doenças na parte aérea do trigo. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, n.5, p.515-520, 2003.

PICININI, E. C.; FERNANDES, J.M.C. Controle da ferrugem da folha e da mancha bronzeada da folha em trigo pelo uso de fungicidas no tratamento de sementes. **Fitopatologia Brasileira**, v.26, n.1, 2001.

PICININI, E.C.; FERNANDES, J.M.C. Efeito de diferentes fungicidas sobre o rendimento de grãos, sobre o peso do hectolitro e sobre o controle da ferrugem da folha (*Puccinia recondita f. sp. tritici*), em trigo, cultivar BR 34. **Fitopatologia Brasileira**, v.20, p.319, 1995 (Resumo).

PICININI, E.C.; FERNANDES, J.M.C. Efeito da ferrugem da folha (*Puccinia recondita f. sp. tritici*) sobre o rendimento de grãos da cultivar de trigo BR 34 tratada com fungicidas. **Fitopatologia Brasileira**, v.19, 286 p, 1994. (Resumo).

PIRES, P.C; FERNANDES, J.M.C; NICOLAU, M. Modelagem do progresso temporal e do padrão espacial de lesões de ferrugem da folha em trigo. **Tropical Plant Pathology**, v.34, n.2, p.97-107, 2009.

RAMOS, H.H.; PIO, L.C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T. **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa: UFV, 2008. p.133-200.

REIS, E.M.; CASA, R.T. **Doenças dos cereais de inverno**. Diagnose, epidemiologia e controle. 2.ed. Lages, Graphel, 2007. 174p.

REIS, E.M.; BRESOLIN, A.C.R. Sistemas de previsão de doenças de plantas. In: Reis, E.M. **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: UPF, 2004. p.155-287.

REIS, E.M.; CASA, R.T. **Doenças do trigo VI: Mancha Amarela da folha**, 1996.

REIS, E.M. **Doenças do Trigo V: Ferrugens**. São Paulo, 1991. 20 p.

RODRIGUES, J.D. Fisiologia vegetal e sua importância na tecnologia de aplicação de defensivos. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.65, n.1/2, p.59-61, 2003.

ROELFS, A.P.; SINGH, R.P.; SAARI, E.E. **Rust Diseases of Wheat: Concepts and methods of disease management**. Mexico, D. F. CIMMYT, 1992. 81p.

SANTANA, F. M.; CLEBSCH, C. C.; FRIESEN, T. L. **Caracterização de raças de *Pyrenophora tritici-repentis*, agente etiológico da mancha amarela do trigo, no sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 13 p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 60). Disponível em: <<[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p\\_bp60.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp60.htm)>. Acesso em: 25 junho 2010.

SHAH, D.A.; BERGSTROM, G.C. A rainfall-based model for predicting the regional incidence of wheat seed infection by *Stagonospora nodorum* in New York. **Phytopathology**, v.92, n.5. p.511-518, 2002.

SUBBA, RAO, K. V.; SNOW, J. P.; BERGGREN, G. T. Effect of Growth Stage and Initial Inoculum Level on Leaf Rust Development and Yield Loss Caused by *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. **Journal of Phytopathology**, v.127, p.200–210, 1989. (Abstract)

TISDALE, S.L.; HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; NELSON, W.L. **Soil Fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management**. 7.ed., 2005, 1-13p.

WANG, C.J.; LIU, Z.Q. Foliar uptake of pesticides – Present status and future challenge. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.87, n.1, p. 1–8, 2007.

WEST, J.S.; ATKINS, S.D.; EMBERLIN, J.; FITT, B.D.L. PCR to predict risk of airborne disease . **Trends in Microbiology**, v.16, n.8, p. 380-387, 2008.

YANG, X.B. Framework development in plant disease risk assessment and its application. **European journal of plant pathology**, v.115, p.25-34, 2006.