



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

FERNANDA NEVES PADUAN

**HERBICIDAS, INSETICIDAS E FUNGICIDA  
TRIFLOXISTROBINA + PROTIOCONAZOL E SUAS  
ASSOCIAÇÕES NO DESENVOLVIMENTO DE FUNGOS  
FITOPATOGÊNICOS DA SOJA**

---

Londrina  
2020

FERNANDA NEVES PADUAN

**HERBICIDAS, INSETICIDAS E FUNGICIDA  
TRIFLOXISTROBINA + PROTIOCONAZOL E SUAS  
ASSOCIAÇÕES NO DESENVOLVIMENTO DE FUNGOS  
FITOPATOGÊNICOS DA SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri

Londrina  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

P125 Paduan, Fernanda Neves.  
Herbicidas, inseticidas e fungicida trifloxistrobina + proclorazoxolol e suas associações no desenvolvimento de fungos fitopatogênicos da soja / Fernanda Neves Paduan. - Londrina, 2020.  
97 f. : il.

Orientador: Marcelo Giovanetti Canteri.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Germinação de esporos - Tese. 2. Crescimento micelial - Tese. 3. Germinação carpogênica - Tese. I. Canteri, Marcelo Giovanetti. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 63

FERNANDA NEVES PADUAN

**HERBICIDAS, INSETICIDAS E FUNGICIDA  
TRIFLOXISTROBINA + PROTIOCONAZOL E SUAS  
ASSOCIAÇÕES NO DESENVOLVIMENTO DE FUNGOS  
FITOPATOGÊNICOS DA SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Giliardi Dalazen  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof<sup>ª</sup> Dra. Maria Isabel Balbi-Peña  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 17 de fevereiro 2020.

Dedico aos meus pais, Celso Luiz Paduan e Marilene Augusta Neves Paduan, por proporcionarem todo amor, apoio e incentivo incondicionais para minha formação pessoal e profissional.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por minha vida, por guiar meus passos e permitir experiências que contribuíram para meu crescimento.

Aos meus pais Celso Luiz Paduan e Marilene Augusta Neves Paduan, que não mediram esforços para a realização dos meus projetos. Por acreditarem em meu potencial e por todo amor concedido.

Ao meu namorado Luan Kenji Silva Wakatsuki, pela amizade, paciência e carinho. Por compreender a distância e incentivar a realização dos meus objetivos. Por compartilhar conhecimentos e apoio em todas as etapas deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri, por auxiliar nas etapas para o desenvolvimento dos trabalhos, agregar conhecimentos e incentivar a alcançar os melhores resultados.

Aos membros da minha banca examinadora, Prof<sup>a</sup> Dra Maria Isabel Balbi-Peña e Prof. Dr. Giliardi Dalazen por contribuírem com o trabalho, pelas importantes considerações e auxílio no desenvolvimento dos experimentos.

Aos amigos, em especial o Dr. Ciro Hideki Sumida e Me. Karla Braga de Oliveira, pela amizade, disponibilidade e auxílio em todas as etapas deste trabalho, presentes em momentos felizes ou difíceis, impulsionando a acreditar em meu potencial. Ao estagiário Luigi Bertolaccini Scolin e Débora Perdigão Tejo, os quais foram essenciais para alcançar todos os resultados obtidos, pela dedicação e ajuda nas montagens e avaliações de experimentos. À Renata Mori Tomé pelo companheirismo e auxílio para obtenção de fotos dos experimentos. Ao Me. Lucas Henrique Fantin pela ajuda nas análises estatísticas.

À todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento do trabalho e participaram desta jornada. Aos companheiros de laboratório, Maicon Petry, Viviane Yumi Baba, Helen Prudente da Silva e José Rocha, pela amizade, paciência e por proporcionarem momentos felizes.

À CAPES pela concessão de bolsas de estudos.

À Universidade Estadual de Londrina e Programa de Pós-Graduação em Agronomia por permitirem a realização do mestrado.

PADUAN, Fernanda Neves. **Herbicidas, inseticidas e fungicida trifloxistrobina + protioconazol e suas associações no desenvolvimento de fungos fitopatogênicos da soja.** 2020. 93f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## RESUMO

A aplicação de produtos fitossanitários em pós-emergência na soja pode influenciar organismos que não sejam o alvo da aplicação. A possibilidade de mistura de produtos fitossanitários permite a interação entre os mesmos, o que pode interferir na eficiência de controle. O objetivo do presente estudo foi verificar a ação de herbicidas e inseticidas utilizados em pós-emergência da cultura da soja sobre a germinação e crescimento do tubo germinativo de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* e *Corynespora cassiicola*, para estes, avaliou-se a associação de fungicida e inseticidas na germinação de esporos; o crescimento micelial de *Cercospora sojina*, *Cercospora kikuchii* e *Sclerotinia sclerotiorum* e a germinação carpogênica de escleródios de *S. sclerotiorum*. Foram avaliadas as concentrações de 1; 10; 100; 1000 e 10000 ppm para os herbicidas glifosato, glufosinato de amônio e dicamba, inseticidas imidacloprido+bifentrina, thiamethoxam+lambd-cialotrina e cloridrato de cartape e concentrações de 0,1; 1; 10 e 100 ppm do fungicida trifloxistrobina+protioconazol. Para os experimentos da ação de inseticidas e herbicidas na germinação de esporos de *P. pachyrhizi* e *C. cassiicola*, a avaliação do percentual de germinação foi efetuada com base na contagem de 200 esporos ao acaso. A avaliação do comprimento do tubo germinativo foi realizada através de microscópio óptico com câmera acoplada. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi calculada a dose que inibe 50% da germinação (CI<sub>50</sub>). Dados da germinação de esporos submetidos a associações de fungicida e inseticidas formaram curvas de dose-resposta e isobogramas, inferindo sobre a interação. Concentrações de herbicidas, inseticidas e fungicida foram fundidas com meio BDA, avaliando o crescimento micelial de *C. sojina*, *C. kikuchii* e *S. sclerotiorum*. As medições foram convertidas para porcentagem de inibição e estimada a CI<sub>50</sub>. Para a germinação carpogênica de *S. sclerotiorum*, escleródios foram depositados em solo esterilizado em gerbox, submetidos a aplicações de herbicidas e fungicida. O número de estipes e apotécios foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. O herbicida glufosinato inibiu a germinação de uredósporos de *P. pachyrhizi* a partir de 1 ppm. Imidacloprido+bifentrina afetou levemente a germinação de *C. cassiicola*, assim como herbicida dicamba. Inseticidas e herbicidas diminuíram o comprimento do tubo germinativo de *P. pachyrhizi* e *C. cassiicola*. Foi observado desenvolvimento anormal do tubo germinativo de *P. pachyrhizi* submetidos a glifosato, glufosinato de amônio e trifloxistrobina+protioconazol. Associações de cloridrato de cartape e trifloxistrobina+protioconazol foram sinérgicas inibindo a germinação de *P. pachyrhizi* e antagônicas ou aditivas para *C. cassiicola*. Mesmo a maior concentração, de 10000 ppm, de imidacloprido+bifentrina não atingiu inibição de 50% do crescimento micelial de *S. sclerotiorum*, *C. sojina* e *C. kikuchii*. Cloridrato de cartape apresentou CI<sub>50</sub> menores para o crescimento micelial dos fungos avaliados. Menor número de apotécios foi observado na concentração de 1000 ppm de glifosato. Apotécios anormais foram observados para os herbicidas glifosato, glufosinato e dicamba. Herbicidas e inseticidas podem influenciar o desenvolvimento de fitopatógenos, além de causar modificações na morfologia de estruturas fúngicas.

**Palavras-chave:** Glifosato. Glufosinato de amônio. Imidacloprido+bifentrina. Thiamethoxam+lambd cialotrina.

PADUAN, F. N. **Herbicides, insecticides and trifloxystrobin + prothioconazole fungicide and their associations in the development of phytopathogenic fungi of soybean.** 2020. 93f. Dissertation (Master in Agronomy) – State University of Londrina, Londrina, 2020.

## ABSTRACT

The application of post-emergence phytosanitary products to soybeans can influence organisms that are not the target of the application. The possibility of mixing phytosanitary products allows an interaction between them, which may interfere with the control efficiency. The objective of the present study was to verify the action of herbicides and insecticides used in post-emergence of soybean crop on the mycelial growth of *Cercospora sojina*, *Cercospora kikuchii* and *Sclerotinia sclerotiorum*; carpogenic germination of *S. sclerotiorum* sclerotia and germination and growth of the spore germ tube of *Phakopsora pachyrhizi* and *Corynespora cassiicola*, for these, the association of fungicide and insecticides in spore germination was evaluated. The concentrations of 1; 10; 100; 1000 and 10000 ppm were evaluated for the herbicides glyphosate, ammonium glufosinate and dicamba, insecticides imidacloprid + bifenthrin, thiamethoxam + lambda-cyhalothrin and cartape hydrochloride and concentrations of 0.1; 1; 10 and 100 ppm of the fungicide trifloxystrobin + prothioconazole. For the experiments of the action of insecticides and herbicides on the spore germination of *P. pachyrhizi* and *C. cassiicola*, the evaluation of the germination percentage was carried out based on the count of 200 spores at random. The germ tube length was evaluated using an optical microscope with a camera attached. The data were subjected to analysis of variance and Tukey's test at 5% probability. The dose that inhibits 50% of germination (IC<sub>50</sub>) was calculated. Spore germination data submitted to combinations of fungicide and insecticides formed dose-response curves and isobolograms, inferring about the interaction. Concentrations of herbicides, insecticides and fungicides were fused with BDA medium, evaluating the mycelial growth of *C. sojina*, *C. kikuchii* and *S. sclerotiorum*. The measurements were converted to the percentage of inhibition and estimated at IC<sub>50</sub>. For *S. sclerotiorum* carpogenic germination, sclerotia were deposited in gerbox sterilized soil, submitted to herbicide and fungicide applications. The number of stipes and apotheciums were subjected to the Tukey test at 5% probability. The herbicide glufosinate inhibited the germination of *P. pachyrhizi* uredospores from 1 ppm. Imidacloprid + bifenthrin slightly affected the germination of *C. cassiicola*, as well as dicamba. Insecticides and herbicides decreased the length of the germ tube of *P. pachyrhizi* and *C. cassiicola*. Abnormal development of the *P. pachyrhizi* germ tube was observed, submitted to glyphosate, ammonium glufosinate and trifloxystrobin + prothioconazole. Associations of cartape hydrochloride and trifloxystrobin + prothioconazole were synergistic inhibiting the germination of *P. pachyrhizi* and antagonistic or additive to *C. cassiicola*. Even the highest concentration, of 10,000 ppm, of imidacloprid + bifenthrin did not reach 50% inhibition of the mycelial growth of *S. sclerotiorum*, *C. sojina* and *C. kikuchii*. Cartape hydrochloride showed lower IC<sub>50</sub> for the mycelial growth of the evaluated fungi. Smaller apothecium numbers were observed at concentrations of 1000 ppm glyphosate. Abnormal apotheciums were observed for the herbicides glyphosate, glufosinate and dicamba. Herbicides and insecticides can influence the development of phytopathogens, in addition to causing changes in the morphology of fungal structures.

**Key words:** Ammonium glufosinate. Glyphosate. Imidacloprid + bifenthrin. Thiamethoxam + lambda cyhalothrin.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Curva de eficiência de controle da germinação de uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi* submetidos a concentrações dos herbicidas glifosato (A), glufosinato de amônio (B) e dicamba (C), inseticidas thiamethoxam + lambda-cialotrina (D), imidacloprido + bifentrina (E) e cloridrato de cartape (F) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (G)..... 45
- Figura 2.** Curva de eficiência de controle da germinação de esporos de *Corynespora cassiicola* submetidos a concentrações dos herbicidas glifosato (A), glufosinato de amônio (B) e dicamba (C), inseticidas thiamethoxam+lambda-cialotrina (D), imidacloprido + bifentrina (E), cloridrato de cartape (F) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (G). ..... 47
- Figura 3.** Tubo germinativo de uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi* no tratamento testemunha (A), e deformação do tubo germinativo nas concentrações de 1 ppm de glifosato (B), 1000 ppm de glifosato (C, D), 1000 ppm de glufosinato de amônio (E), 1 (F) e 10 ppm (G) de trifloxistrobina + protioconazol e 10.000 ppm de glifosato (H) e glufosinato de amônio (I)..... 52
- Figura 4.** Curvas de dose-resposta para a variável eficiência de controle da germinação de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* submetidos a associação de fungicida e inseticidas thiamethoxam+lambda cialotrina (A e B) e cloridrato de cartape (C e D), nos experimentos I e II..... 54
- Figura 5.** Curvas de dose-resposta para a variável eficiência de controle da germinação de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* submetidos a associação de fungicida e inseticidas, no experimento I (A) e II (B). ..... 55
- Figura 6.** Isobogramas com os valores da concentração necessária para obter 50% de inibição de germinação de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* submetidos ao inseticida thiamethoxam+lambda-cialotrina (TL) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP) isolados ou em associação e inseticida cloridrato de cartape (C) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP), isolados ou em associação. Dados do experimento I..... 56
- Figura 7.** Isobogramas com os valores da concentração necessária para obter 50% de inibição de germinação de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* submetidos ao inseticida thiamethoxam+lambda-cialotrina (TL) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP) isolados ou em associação e inseticida cloridrato de cartape (C) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP), isolados ou em associação. Dados do experimento II..... 57
- Figura 8.** Curvas de dose-resposta para a variável eficiência de controle da germinação de esporos de *Corynespora cassiicola* submetidos a associação de fungicida e inseticidas thiamethoxam+lambda cialotrina (A e B) e cloridrato de cartape (C e D), nos experimentos I e II..... 59
- Figura 9.** Curvas de dose-resposta para a variável eficiência de controle da germinação de esporos de *Corynespora cassiicola* submetidos a associação de fungicida e inseticidas, no experimento I (A) e II (B). ..... 60

**Figura 10.** Isobogramas com os valores da concentração necessária para obter 50% de inibição de germinação de esporos de *Corynespora cassiicola* submetidos ao inseticida thiamethoxam+lambdas-cialotrina (TL) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP) isolados ou em associação e inseticida cloridrato de cartape (C) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP), isolados ou em associação. Dados do experimento I..... 61

**Figura 11.** Isobogramas com os valores da concentração necessária para obter 50% de inibição de germinação de esporos de *Corynespora cassiicola* submetidos ao inseticida thiamethoxam+lambdas-cialotrina (TL) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP) isolados ou em associação e inseticida cloridrato de cartape (C) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP), isolados ou em associação. Dados do experimento II..... 62

**Figura 12.** Curva de eficiência de controle do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* submetido a concentrações dos herbicidas glifosato (A), glufosinato de amônio (B) e dicamba (C), inseticidas thiamethoxam + lambdas-cialotrina (D), imidacloprido + bifentrina (E), cloridrato de cartape (F) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (G). ..... 65

**Figura 13.** Inibição do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* submetido a concentrações do fungicida trifloxistrobina + protioconazol (1) nas concentrações 0,1 (A), 1 (B), 10 (C) e 100 (D) ppm, herbicidas glifosato (2), dicamba (3) e glufosinato de amônio (4), inseticidas thiamethoxam + lambdas-cialotrina (5), imidacloprido + bifentrina (6), cloridrato de cartape (7) nas concentrações de 0, 10, 100, 1000 e 10000 ppm (A, B, C, D e E, respectivamente). ..... 66

**Figura 14.** Crescimento micelial testemunha de *Sclerotinia sclerotiorum* (A) e variações morfológicas do fungo submetido a concentração de 10000 ppm dos inseticidas imidacloprido + bifentrina (B) e thiamethoxam + lambdas-cialotrina (C) e herbicida dicamba (D). ..... 67

**Figura 15.** Curva de eficiência de controle do crescimento micelial de *Cercospora sojina* submetido a concentrações dos herbicidas glifosato (A), glufosinato de amônio (B) e dicamba (C), inseticidas thiamethoxam + lambdas-cialotrina (D), imidacloprido + bifentrina (E), cloridrato de cartape (F) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (G). ..... 69

**Figura 16.** Inibição do crescimento micelial de *Cercospora sojina* submetido a concentrações do fungicida trifloxistrobina + protioconazol (1) nas concentrações 0,1 (A), 1 (B), 10 (C) e 100 (D) ppm, herbicidas glifosato (2), dicamba (3) e glufosinato de amônio (4), inseticidas thiamethoxam + lambdas-cialotrina (5), imidacloprido + bifentrina (6), cloridrato de cartape (7) nas concentrações de 0, 10, 100, 1000 e 10000 ppm (A, B, C, D e E, respectivamente). ..... 70

**Figura 17.** Crescimento micelial testemunha de *Cercospora sojina* (A) e variações morfológicas do fungo submetido a concentração de 10000 ppm do herbicida dicamba (B) e inseticida thiamethoxam + lambdas-cialotrina (C) e cloridrato de cartape nas concentrações de 10 ppm (D) e 100 ppm (E). ..... 71

**Figura 18.** Curva de eficiência de controle do crescimento micelial de *Cercospora kikuchii* submetido a concentrações dos herbicidas glifosato (A), glufosinato de amônio (B) e dicamba (C), inseticidas thiamethoxam + lambdas-cialotrina (D), imidacloprido + bifentrina (E), cloridrato de cartape (F) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (G). ..... 74

**Figura 19.** Inibição do crescimento micelial de *Cercospora kikuchii* submetido a concentrações do fungicida trifloxistrobina + protioconazol (1) nas concentrações 0,1 (A), 1 (B), 10 (C) e 100 (D) ppm, herbicidas glifosato (2), dicamba (3) e glufosinato de amônio (4), inseticidas thiamethoxam + lambda-cialotrina (5), imidacloprido + bifentrina (6), cloridrato de cartape (7) nas concentrações de 0, 10, 100, 1000 e 10000 ppm (A, B, C, D e E, respectivamente). ..... 75

**Figura 20.** Crescimento micelial testemunha de *Cercospora kikuchii* (A) e variações morfológicas do fungo submetido a concentração de 100 ppm do fungicida trifloxistrobina + protioconazol (B), e 10000 ppm de glifosato (C), glufosinato de amônio (D), 1000 de cloridrato de cartape (E), 10000 ppm de dicamba (F). ..... 76

**Figura 21.** Relação entre produção de estipes e apotécios a partir de escleródios no tratamento testemunha (1) e herbicidas glifosato (2), glufosinato de amônio (3) e dicamba (4) nas concentrações de 1 (A); 10 (B); 100 (C); 1000(D) e 10000 (E) ppm. .... 80

**Figura 22.** Relação entre produção de estipes e apotécios de escleródios no tratamento testemunha (A) e fungicida dimoxistrobina nas concentrações de 0,1 (B); 1 (C); 10 (D) e 100 (E) ppm. .... 81

**Figura 23.** Apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* do tratamento testemunha (A, B, C, D, E) deformações em apotécios submetidos a concentrações de glifosato (F, G, H, I, J), glufosinato de amônio (K, L, M, N, O) e dicamba (P, Q, R, S, T) nas concentrações de 10; 100, 1000 e 10000 ppm (1, 2, 3 e 4). ..... 82

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Ingredientes ativos, produtos comerciais, quantidade de ingrediente ativo e concentrações avaliadas na inibição da germinação de esporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> e <i>Corynespora cassiicola</i> .....	37
<b>Tabela 2.</b> Tratamentos da associação de concentrações (ppm) do fungicida trifloxistrobina+protioconazol a inseticidas thiamethoxam+lambd-cialotrina e cloridrato de cartape. ....	39
<b>Tabela 3.</b> Tratamentos com concentrações (ppm) da associação dos inseticidas thiamethoxam+lambd-cialotrina e cloridrato de cartape ao fungicida trifloxistrobina+protioconazol. ....	40
<b>Tabela 4.</b> Ingredientes ativos, produtos comerciais, quantidade de ingrediente ativo e concentrações avaliadas na inibição do crescimento micelial de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Cercospora sojina</i> e <i>Cercospora kikuchii</i> .....	41
<b>Tabela 5.</b> Germinação (%) de uredósporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> submetidos a herbicidas e inseticidas .....	43
<b>Tabela 6.</b> Germinação (%) de esporos de <i>Corynespora cassiicola</i> submetidos a herbicidas e inseticidas .....	46
<b>Tabela 7.</b> Germinação (%) de esporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> e <i>Corynespora cassiicola</i> submetidos ao tratamento com fungicida trifloxistrobina + protioconazol .....	48
<b>Tabela 8.</b> Concentrações (ppm) responsáveis pela inibição de 50% da germinação (CI <sub>50</sub> ) de esporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> e <i>Corynespora cassiicola</i> submetidos ao tratamento com fungicida, herbicidas e inseticidas. ....	49
<b>Tabela 9.</b> Comprimento do tubo germinativo (µm) de esporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> e <i>Corynespora cassiicola</i> submetidos as concentrações de herbicidas e inseticidas. ....	51
<b>Tabela 10.</b> Comprimento do tubo germinativo (µm) de uredósporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> submetidos as concentrações fungicida. ....	52
<b>Tabela 11.</b> Porcentagem de inibição do crescimento micelial de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> submetido a herbicidas e inseticidas. ....	64
<b>Tabela 12.</b> Porcentagem de inibição do crescimento micelial de <i>Cercospora sojina</i> submetido a herbicidas e inseticidas. ....	68
<b>Tabela 13.</b> Porcentagem de inibição do crescimento micelial de <i>Cercospora kikuchii</i> submetido a herbicidas e inseticidas. ....	72
<b>Tabela 14.</b> Porcentagem de inibição do crescimento micelial de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Cercospora sojina</i> e <i>Cercospora kikuchii</i> submetidos a diferentes concentrações do fungicida trifloxistrobina+protioconazol. ....	76

**Tabela 15.** Concentrações (ppm) responsáveis pela inibição de 50% do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Cercospora sojina* e *Cercospora kikuchii* submetidos a fungicida, herbicidas e inseticidas..... 77

**Tabela 16.** Número de estipes e apotécios de escleródios submetidos aos herbicidas glifosato, dicamba e glufosinato de amônio e fungicida dimoxistrobina aos 30, 40 e 50 dias de incubação. .... 79

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
2.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DA SOJA.....	18
2.2 DOENÇAS NA CULTURA DA SOJA .....	19
2.2.1 Ferrugem Asiática .....	19
2.2.2 Mancha Alvo.....	21
2.2.3 Mancha Olho-De-Rã .....	23
2.2.4 Crestamento Foliar De Cercospora.....	24
2.2.5 Mofo Branco .....	25
2.7 MÉTODOS DE CONTROLE DE DOENÇAS EM SOJA .....	26
2.7 CONTROLE QUÍMICO.....	27
2.8 AÇÃO DE HERBICIDAS E INSETICIDAS SOBRE PATÓGENOS .....	28
2.9 ASSOCIAÇÃO E INTERAÇÃO ENTRE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS .....	31
<b>ARTIGO A: HERBICIDAS E INSETICIDAS NA GERMINAÇÃO DE ESPOROS, CRESCIMENTO MICELIAL E GERMINAÇÃO CARPOGÊNICA DE FITOPATÓGENOS INCIDENTES EM SOJA</b> .....	33
3.1 RESUMO.....	33
3.2 ABSTRACT .....	34
3.3 INTRODUÇÃO.....	35
3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	37
3.4.1 Germinação e crescimento do tubo germinativo de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> e <i>Corynespora cassiicola</i> submetidos a herbicidas, inseticidas e fungicida.....	37
3.4.2 Crescimento micelial de <i>Cercospora sojina</i> , <i>Cercospora kikuchii</i> e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> submetidos a herbicidas, inseticidas e fungicida. ....	40
3.2.3 Germinação carpopêgica de escleródios de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> submetidos a herbicidas e inseticidas.....	42
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
3.5.1 Germinação e crescimento do tubo germinativo de esporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> e <i>Corynespora cassiicola</i> tratados com inseticidas, herbicidas e fungicida .....	43

3.5.2 Crescimento micelial de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Cercospora kikuchii</i> e <i>Cercospora sojina</i> submetidos a herbicidas e inseticidas .....	64
3.5.3 Germinação carpogênica de escleródios de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> submetidos a herbicidas.....	78
3.6 CONCLUSÕES .....	84
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	85
<b>APÊNDICES</b> .....	97
<b>APÊNDICE I</b> .....	98

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de grãos ocupa destaque na agricultura brasileira, dentre eles, a produção de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). A produção nacional da oleaginosa para a safra de 2018/2019 foi de 115 milhões de toneladas. Embora a área plantada tenha aumentado em relação à safra anterior, a produção reduziu, devido a fatores climáticos em algumas regiões produtoras. Além das interferências climáticas, a incidência de doenças e pragas pode prejudicar o potencial produtivo da cultura, refletindo em menores produtividades.

Diversas doenças podem incidir sobre a cultura da soja, em vários estádios de desenvolvimento. A ferrugem asiática da soja (causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow) pode ocorrer durante todo o ciclo, assim como a mancha alvo (causada por *Corynespora cassiicola* Berkeley & M. A. Curtis) e a mancha olho-de-rã (causada por *Cercospora sojina* Hara), embora a ocorrência desta seja mais comum a partir do florescimento. O mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) comumente ocorre durante o estágio de floração plena, no início de formação das vagens, que é o período onde a planta se encontra mais vulnerável. Pertencente ao complexo de doenças de final de ciclo, o crestamento foliar de cercospora [causada por *Cercospora kikuchii* (Matsumoto e Tomoyasu) M.W. Garner] pode ser introduzido na área por sementes infectadas, muitas vezes com sintomas da mancha púrpura, coloração arroxeadada no tegumento da semente.

Além das doenças, plantas daninhas e insetos praga também podem comprometer o rendimento da cultura. Sistemas agrícolas modernos usualmente abordam o controle químico para o controle de plantas daninhas, pragas ou doenças. A tecnologia de cultivares resistentes a herbicidas possibilita a aplicação dos produtos em pós-emergência da cultura sem que haja prejuízos. Estão disponíveis no mercado cultivares de soja resistentes a herbicidas como o glifosato (soja Roundup Ready®) e glufosinato de amônio (LibertyLink®), sendo previsto o lançamento da nova tecnologia de soja resistente ao herbicida Dicamba (Intacta2 Xtend), com comercialização prevista para o ano de 2020.

O uso de tecnologias de cultivares de soja transgênicas resistentes a herbicidas e a possibilidade da aplicação de misturas de produtos fitossanitários, onde comumente utilizam-se fungicidas e inseticidas no início do florescimento da cultura, levantam questões sobre a ação em fitopatógenos. A aplicação de produtos químicos estende seu efeito além do alvo pretendido, podendo influenciar também organismos não-alvo.

Evidências sugerem que herbicidas e inseticidas possuem ação sobre fitopatógenos. Diversos autores constataram o efeito antagonista de glifosato no

desenvolvimento da ferrugem do trigo e do colmo; no crescimento micelial de *Pythium ultimum* e *Fusarium solani* f. sp. *pisi*, além da redução de germinação de conídios, crescimento micelial e esporulação de *F. solani*. A ação de glufosinato inibiu o crescimento micelial de patógenos como *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Phomopsis viticola* e *Guignardia wellii*. O mesmo resultado foi observado para *Rhizoctonia solani*, apresentando também a diminuição da formação de escleródios. Além de menor germinação de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*, a formação de apotécios viáveis foi afetada pelo uso de herbicidas, especificamente a atrazina, causando a esterilidade dos mesmos. O inseticida cloridrato de cartape mostrou-se eficiente no controle de *Uromyces appendiculatus* em feijoeiro, reduzindo a severidade da doença.

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar a ação de herbicidas e inseticidas sobre o desenvolvimento de fitopatógenos incidentes em soja, avaliando a germinação e crescimento do tubo germinativo de esporos de *P. pachyrhizi* e *C. cassicola*, o crescimento micelial de *C. sojina*, *C. kikuchii* e *S. sclerotiorum*, além da germinação carpogênica de escleródios de *S. sclerotiorum*.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DA SOJA

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma planta leguminosa endêmica do continente asiático, na região correspondente à China Antiga. Segundo referências, a soja fazia parte da alimentação do povo chinês há mais de 5.000 anos (CÂMARA, 2011). Introduzida no Brasil em 1882, a leguminosa apresenta características nutricionais para a alimentação humana e animal, principalmente como fonte de proteínas, fibras e gorduras insaturadas. A soja pode ser utilizada para a produção de óleo, assim como lecitina e farelo, além de matéria prima para produção de biodiesel (ANUÁRIO BRASILEIRO DA SOJA, 2006).

O cultivo da soja pode ser observado em todas regiões do país, desde maiores latitudes encontradas no Sul do Brasil, como em baixas latitudes. Com importância na economia mundial, a soja apresentou grande aumento na área plantada, sendo responsável por 49% das áreas destinada à produção de grãos (MAPA, 2016).

Em termos de áreas plantadas, o Brasil apresentou 35,8 milhões de hectares destinados à produção da oleaginosa, representando aumento de 1,9% na safra de 2018/2019 em relação à safra anterior. A produção nacional, no entanto, apresentou queda de 3,7%, ocasionada por adversidades climáticas ocorridas nos estados produtores da leguminosa, estimada em 115 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

Para a safra de 2019/2020, estima-se um crescimento de 2,6% em relação à safra 18/19, alcançando os 36,8 milhões de hectares plantados. No Paraná, a cultura já está totalmente implantada em uma área de 5.486,4 mil hectares. Foram observados atrasos no plantio em algumas regiões, provocado pela baixa pluviosidade, assim como a necessidade de replantio de 1% da área, ocorridos nas regiões oeste e sudoeste. A estimativa de produtividade da soja é 3.598 kg/ha, 20% maior em relação à safra anterior (CONAB, 2020).

O cenário econômico é promissor devido à estimativa de aumento de produtividade para a safra de 2019/2020, podendo inclusive superar a dos Estados Unidos, atualmente maior produtor mundial. Por outro lado, o Brasil lidera o ranking de exportação do grão, sendo registrado recorde de comercialização na safra de 2018, chegando a 79,5 milhões de toneladas de grãos exportados, 30% maior que os Estados Unidos, com 51 milhões de toneladas do grão, seguido da Argentina, com 6,3 milhões de toneladas (AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION, 2020).

## 2.2 DOENÇAS NA CULTURA DA SOJA

A ampla distribuição e a importância econômica da soja são fatores importantes para busca de práticas que visem menores perdas de produtividade. Perdas na produtividade podem ser relacionadas com a incidência de doenças. A ocorrência de doenças foliares, por exemplo, acarretam menor quantidade de tecido fotossinteticamente ativo que, segundo Waggoner e Berger (1987), é responsável pela produção de matéria seca da planta.

De acordo com Henning et al. (2014), foram diagnosticadas mais de 40 doenças no Brasil, com elevados potenciais de perdas de acordo com o patógeno, como a ferrugem asiática da soja, considerada a principal doença da cultura (GODOY et al., 2016a).

### 2.2.1 Ferrugem Asiática

A ferrugem asiática da soja tem como agente causal o fungo basidiomiceto *Phakopsora pachyrhizi*, Sydow & P. Sydow, classificado na Ordem Uredinales e Família Phakopsoraceae. Os uredósporos do fungo apresentam dimensões de 15-24 e 18-34 µm, com formatos ovóides, podendo ser hialinos, amarelados ou marrom claros (HARTMAN et al., 1999, MYCOBANK, 2019).

Descrita pela primeira vez no Japão, em 1902 (HENNING, 1903), a doença foi posteriormente constatada em diversos países do continente africano, apresentando características epidêmicas. Após ser relatado no continente americano, a ferrugem asiática foi registrada pela primeira vez no Brasil na safra 2000/2001, logo após ter sido identificada no Paraguai (YORINORI et al., 2004).

A constatação da doença no Brasil ocorreu em plantas voluntárias presentes na região Oeste do Paraná. Posteriormente encontrada nos principais Estados produtores, como o Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso (YORINORI et al., 2004). Na safra 2002/2003 já havia incidência da doença em toda área nacional destinada ao cultivo de soja (YORINORI et al. 2005).

Podendo incidir em qualquer estágio da cultura, a doença pode acometer pecíolos, vagens e caule, embora seja mais comum no tecido foliar (SINCLAIR; HARTMAN, 1999). Os sintomas iniciais são descritos como áreas foliares cloróticas, delimitadas pelas nervuras na face adaxial das folhas, apresentando pontuações necróticas de coloração marrom na face abaxial, que corresponde ao local de formação de urédias.

As primeiras lesões geralmente são encontradas na parte inferior de plantas de soja. Segundo Zambenedetti et al. (2007), a maior severidade no terço inferior pode ser atribuída ao constante recebimento de esporos formados nos terços superiores, além do microclima propício ao desenvolvimento da doença encontrado nesta região. A progressão da doença se dá pela formação de pústulas na face abaxial das folhas, progredindo para urédias. As urédias apresentam coloração castanho clara, adquirindo coloração mais escura com o passar do tempo. A presença de um poro no centro das urédias é responsável pela exposição dos esporos, ocorrendo sua liberação e disseminação, na maior parte veiculados pelo vento e chuva (ALMEIDA et al., 2005a).

Quando em alta pressão da doença, observa-se amarelecimento das folhas e desfolha precoce. De acordo com Forcelini et al. (2004), 40 lesões. cm<sup>-2</sup> são suficientes para causar a desfolha, assim como o maior número de lesões intensifica os sintomas de amarelecimento. A desfolha precoce pode comprometer a formação e enchimento de grãos, podendo causar danos de até 100% na produtividade (YORINORI, LAZZAROTTO, 2004)

O início da germinação de uredósporos de *P. pachyrhizi* se dá após uma a quatro horas desde sua deposição, sendo a temperatura ideal situada entre 18 a 25 °C. Após a germinação, a penetração do fungo ocorre de maneira direta sob a cutícula da folha, ocorrendo dentro de seis horas em temperaturas de 20 a 25 °C (MARCHETTI, MELCHING; BROMFIELD, 1976). A temperatura ótima para o desenvolvimento da doença foi observada entre 17 a 27 °C (KOCHMAN, 1979).

A germinação e o desenvolvimento de *P. pachyrhizi* podem sofrer variações de acordo com o nível de resistência da soja ou características da cultivar, como a quantidade de cera nas folhas. De acordo com Magnani et al. (2007), materiais com genes de resistência *Rpp2* e *Rpp4* começam a atuar já na fase de pré-penetração, postergando o processo de germinação e, conseqüentemente, a penetração do fungo. A formação de apressórios foi observada apenas seis horas após a inoculação para materiais com genes de resistência, enquanto que para outros materiais os apressórios foram formados quatro horas após a inoculação. O mesmo foi observado para materiais com variações na quantidade de cera nas folhas. A cera dificulta a permanência do filme de água, fator primordial para a germinação dos uredósporos.

O ambiente apresenta influência no desenvolvimento da doença, como o molhamento foliar e a temperatura. O molhamento foliar de 6 a 12 horas possibilita a infecção do fungo em plantas de soja (MELCHING et al., 1989). De acordo com Marchetti, Melching e Bromfield (1976), à medida que a temperatura diminui o período de molhamento foliar necessário para um mínimo de infecção aumenta. De acordo com Kochman (1979),

quando uredósporos de *P. pachyrhizi* são submetidos a temperaturas superiores a 28,5 °C por 8 horas, a germinação pode ser prejudicada.

A queda precoce das folhas e a redução na taxa fotossintética são os principais danos da ferrugem asiática, acarretando em menor crescimento da planta e menor produtividade, além de menor peso final dos grãos (JULIATI et al., 2005; GODOY et al., 2019). De acordo com Godoy et al. (2019), o manejo da doença deve ser realizado por meio da eliminação de plantas de sojas no período da entressafra, diminuindo o inóculo inicial, além de optar por estratégias de escape da doença, como o plantio no início da época recomendada, em conjunto com a utilização de cultivares de ciclo precoce. Medidas como escolha de cultivares com níveis de resistência ao fungo podem não exercer controle satisfatório, visto que o fungo causador da doença apresenta ampla variabilidade genética, prejudicando o desenvolvimento e utilização de cultivares totalmente resistentes (ANDRADE e ANDRADE, 2006).

O principal método para o manejo da doença é a utilização de controle químico. Os fungicidas utilizados para o controle da ferrugem asiática pertencem aos grupos dos triazois (inibidores da desmetilação - IDM), estrobilurinas (inibidores da quinona externa - IQe, ou oxidase – IQo) e carboxamidas (inibidores da succinato desidrogenase – ISDH) (GODOY et al., 2016c). Tratando-se de fungicidas sítio-específicos, deve-se priorizar a rotação de fungicidas e misturas com diferentes modos de ação entre as aplicações, a fim de evitar o surgimento de populações do fungo resistentes aos fungicidas. Entretanto, a menor sensibilidade do fungo e menores eficiências de produtos dos três grupos de fungicidas foram observadas por Xavier et al. (2015), Schmitz et al., (2014), Klosowski et al., (2016) e Simões et al. (2018).

### 2.2.2 Mancha Alvo

O fungo ascomiceto *Corynespora cassicola* (Berkeley & M.A. Curtis) C.T. Wei, agente etiológico da mancha alvo em soja, pode incidir em várias outras culturas e plantas infestantes (OLIVEIRA et al. 2007). O primeiro registro da ocorrência de mancha alvo em soja foi realizado nos Estados Unidos, em 1945 (OLIVE, 1945). No mesmo ano, a incidência da doença foi constatada em Estados brasileiros, como o Paraná e São Paulo (ALMEIDA et al., 1976). Mais tarde, em 1987, constatada nos Estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul (YORINORI, 1989).

Presentes em diversos órgãos das plantas, os sintomas da doença podem ser observados no tecido foliar, hastes, flores e raízes, sendo mais comum nas folhas. As lesões se apresentam em formato circular, inicialmente como pontos amarelados com aproximadamente 2 cm de diâmetro, progredindo para lesões necróticas de coloração marrom e presença de halos, assemelhando-se a um alvo, por isso o nome comum da doença. Em ataques severos ou cultivares sensíveis ao fungo, pode ocorrer a desfolha da planta (SINCLAIR, 1982).

Os esporos podem ser formados em ambas faces da folha, sendo mais frequentes na parte adaxial (ALMEIDA et al., 2005a). As condições ambientais ideais para a germinação e infecção do patógeno são molhamento foliar mínimo de 6 horas, temperatura ótima para a germinação de 23 °C, com limiar mínimo e máximo de 7 e 39 °C, respectivamente (MELO; REIS, 2010). Após a infecção do patógeno, sintomas da doença podem ser observados de 5 a 7 dias, em temperaturas de 20 a 30 °C (SINCLAIR, 1982).

Tratando-se de um fungo necrotrófico, a relação parasitária se dá pela penetração e morte dos tecidos adjacentes ao local de infecção. O fungo é capaz de produzir toxinas responsáveis pela morte dos tecidos, disponibilizando nutrientes para sua nutrição (FORCELINI, 2010). A morte do tecido sadio e a diminuição da taxa fotossintética acarretam danos na produtividade. De acordo com Godoy (2015), a redução na produtividade devido a incidência do fungo em cultivares resistentes pode variar de 18 a 32%. Em concordância com os resultados, Ribeiro et al. (2017) encontraram relação entre o progresso da doença e a diminuição da produtividade.

O controle da doença pode ser realizado por meio da rotação de culturas, uso de cultivares resistentes, sementes livres do patógeno e aplicações preventivas de fungicidas. O controle químico, amplamente utilizado na cultura visando o controle da ferrugem asiática apresenta eficiência no controle da doença. Populações do fungo resistentes a fungicidas foram relatadas, segundo Avozani (2011), os valores de  $CI_{50}$  para isolados de *C. cassiicola* indicam redução da sensibilidade do fungo a fungicidas inibidores da quinona externa.

A seleção de materiais resistentes a outros patógenos da cultura pode ter influência no aumento da ocorrência de mancha alvo. Segundo Silva et al. (2008), os cultivares com resistência ao nematoide dos cistos da soja, amplamente utilizados no Cerrado, são suscetíveis a *C. cassiicola*.

### 2.2.3 Mancha Olho-De-Rã

Conhecida como mancha olho-de-rã, o agente causal da doença é o fungo *Cercospora sojina* Hara. Descrita pela primeira vez no Japão em 1915, a doença foi observada no Brasil em lavouras do Estado do Paraná em 1971. Após introduzida, a doença se disseminou por meio de sementes infectadas com o patógeno (HARA, 1915; YORINORI, 1971). De acordo com Yorinori e Klingelfuss (2000), a doença mancha-olho-de-rã foi a primeira grande epidemia da cultura no Brasil, sendo considerada precursora da busca por resistência genética por meio do melhoramento genético na cultura da soja.

Podendo incidir no tecido foliar, vagens e raízes, a presença do fungo também foi constatada em sementes. Nas folhas, os sintomas iniciam como pequenas lesões de coloração pardo-avermelhadas e, com o aumento do diâmetro da lesão, o centro adquire coloração acinzentada. As bordas das lesões são bem delimitadas, com coloração pardo-avermelhada, contrastando com o verde do tecido sadio. Em hastes, os sintomas aparecem como lesões de formato elíptico, com centro cinza e bordos delimitados, de coloração pardo-avermelhada. Nas vagens, observam-se lesões de coloração castanho escura e formato circular. Nas sementes, notam-se rachaduras e manchas de coloração parda a cinza (GÓMEZ, 2011; HENNING et al., 2014).

Classificado como fungo necrotrófico, a sobrevivência foi observada em restos culturais e sementes, considerados fonte de inóculo primário. Uma vez depositados na superfície foliar, a germinação dos esporos ocorre em condições de umidade relativa superiores a 90% e temperatura de 25 °C (PHILLIPS, 1999). De acordo com Camera et al. (2013), a germinação pode ocorrer em uma ampla faixa de temperaturas, não sendo influenciada pela luminosidade. A temperatura ótima para a germinação foi definida em 23 °C, sendo o limiar mínimo de 0 °C e máximo de 40 °C.

A patogenicidade do fungo envolve a produção de toxinas, como a cercosporina. O metabólito é convertido em moléculas livres de oxigênio pela ação da luminosidade, que ao reagir com outras moléculas de oxigênio, formam compostos tóxicos à planta. A ação da toxina é observada na oxidação de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos provenientes da parede celular das células do hospedeiro, culminando na morte das mesmas (DAUB, 1982).

A diminuição da área foliar sadia, desfolha e produção de grãos com baixa qualidade são os fatores envolvidos nas perdas causadas pela doença. Dados sobre a redução na produtividade da cultura são escassos. No entanto, segundo Yorinori (1992), a produtividade

de cultivares sensíveis reduziu de 10% a 32% em parcelas experimentais.

O manejo da doença é realizado principalmente por meio do uso de cultivares resistentes, no entanto, a alta variabilidade genética do fungo possibilita o surgimento de novas raças, causando a incidência esporádica da doença. O controle químico se dá principalmente via tratamento de sementes, sendo realizadas também aplicações foliares em estádios mais avançados da cultura (GÓMEZ, 2011).

#### 2.2.4 Crestamento Foliar De Cercospora

O fungo *Cercospora kikuchii* (Matsumoto e Tomoyasu) M.W. Garner, agente causal do crestamento foliar de cercospora na soja, possui capacidade de incidir também em sementes. Descrito pela primeira vez na Coréia, o fungo apresentava importância devido à mancha púrpura de sementes. Entretanto, Lehman (1950) observou sintomas também em hipocótilos, caules, folhas e pecíolos. Atualmente, o fungo é atribuído como sendo o agente causal da mancha purpura, crestamento foliar e morte de plântulas, doenças com importância principalmente em campos de produção em regiões tropicais (SCHUH, 1991; WRATHER et al., 1997).

Sintomas foliares inicialmente se apresentam como pequenas manchas irregulares de coloração pardo-arroxeadas, evoluindo para extensas áreas necrosadas, devido a coalescência das lesões, adquirindo aspecto coriáceo de coloração roxo escuro. Nas vagens, observam-se pontuações vermelhas que evoluem para manchas de coloração castanho-avermelhadas. Em sementes, o sintoma é a coloração púrpura do tegumento. No entanto, mesmo na ausência da coloração, as sementes podem estar infectadas pelo fungo. Quando incidente nas hastes, os sintomas são manchas avermelhadas superficiais e limitados ao córtex, no entanto, quando ocorre nos nós, pode se observar necrose de coloração avermelhada na medula (HENNING et al., 2014).

A umidade relativa é determinante para a germinação dos esporos de *C. kikuchii*. De acordo com Schuh (1991), a umidade relativa abaixo de 92% impossibilitou a germinação *in vitro* dos esporos, independente da temperatura, enquanto que a umidade de 100% permitiu a germinação em ampla faixa (15, 20, 25, 30 e 35 °C). O autor não observou sintomas de doença quando a inoculação ocorreu em molhamento foliar inferior a 18 horas ou em temperaturas acima de 30 °C, definindo a temperatura ideal para a ocorrência da doença em 25 °C.

Assim como para *Cercospora sojina*, a patogenicidade de *C. kikuchii* envolve a produção da toxina cercosporina. Segundo Almeida et al. (2005b), o teor de cercosporina é variável entre isolados, além de que observaram forte correlação entre o teor de cercosporina e virulência dos mesmos. Os mesmos autores salientam que o teor de cercosporina pode auxiliar na escolha do isolado para seleção de materiais com níveis de resistência a doença.

A doença geralmente ocorre no final do ciclo da cultura, muitas vezes concomitantemente com outras doenças, enquadradas no complexo de doenças de final de ciclo, as DFC's. A incidência de *C. kikuchii* reflete em menor qualidade de sementes, podendo se observar menor germinação, plantas menos vigorosas e produtivas, fato esse que pode ser acentuado sob déficit hídrico (PEREIRA et al., 2017). A redução da produtividade ocorre devido a desfolha precoce provocada pela doença, assim como a redução do tecido foliar sadio. O chochamento de grãos também pode ser observado, já que a doença ocorre durante o período de enchimento dos mesmos (GODOY; CANTERI, 2004; CÂMARA, 1998).

Embora a quantificação dos danos causados pelo crestamento foliar seja dificultada devido à ocorrência concomitante com outras doenças, estimou-se a redução 30% devido à mancha púrpura e 7% para o crestamento foliar (WRATHER et al., 1997). Por se tratar de uma das doenças que ocorrem no final do ciclo, é comum que sejam avaliadas em conjunto.

Além de optar por utilizar sementes certificadas e livres do patógeno, reduzindo o inóculo inicial na lavoura, o controle químico é amplamente utilizado, através do tratamento de sementes e aplicações na parte aérea da planta (HENNING et al., 2014).

### 2.2.5 Mofo Branco

Causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, o mofo branco destaca-se entre as principais doenças da cultura, devido aos prejuízos causados e às dificuldades no manejo. Em anos chuvosos, o dano causado pela doença é maior, sendo favorecido também pela alta população de plantas (HENNING, 2009).

A doença ocorre durante todo ciclo da soja, sendo frequentemente observada durante o período de floração e formação de vagens, períodos de maior suscetibilidade (HENNING et al., 2014; HENNING, 2009). Os sintomas iniciais da doença se apresentam como manchas aquosas, evoluindo para manchas castanho-claro, que passam a desenvolver micélio do fungo. O local de infecção geralmente ocorre nas axilas das folhas e ramos laterais, embora possa infectar qualquer parte da planta. Observam-se sintomas de murcha e seca das

folhas. O micélio formado na planta produz estruturas de resistência, caracterizando na formação de uma massa seca e de coloração negra, os escleródios. Os escleródios podem ser formados na parte externa e interna da planta, como hastes e vagens infectadas, caracterizando um importante veículo de disseminação do fungo, já que os escleródios podem ficar aderidos às sementes, assim como o micélio dormente no interior das mesmas (GOULART, 1997; HENNING et al, 2014).

Uma vez presente no solo e após um período de condicionamento, os escleródios podem desenvolver estruturas reprodutivas denominadas apotécios, através da germinação carpogênica (PAULA JÚNIOR et al., 2010). A temperatura para germinação de escleródios ocorre na faixa de 10 a 21 °C e condições de alta umidade (ALMEIDA et al., 2005). Responsáveis pela reprodução sexuada do fungo, o apotécio abriga milhares de ascos, que liberam os ascósporos no ar, disseminados pelo vento, responsáveis pelo inóculo primário na lavoura (PAULA JÚNIOR et al., 2010).

Estima-se que os danos causados pela doença possam atingir perdas superiores a 50% em condições adequadas (CASSETARI NETO; MACHADO; SILVA, 2010). As pesquisas são em grande parte destinadas ao controle da doença, fator dificultado pelas características do fungo. Segundo Henning (2009), o fungo é capaz de infectar mais de 480 espécies de plantas, sendo a rotação de culturas eficiente quando utilizadas espécies de plantas gramíneas.

O adensamento de plantas e cultivares com susceptibilidade ao acamamento também pode proporcionar microclima propício para o desenvolvimento da doença. A cobertura do solo reduz a incidência da doença, visto que possibilita a formação de uma barreira física para a germinação dos escleródios. O controle químico, por sua vez, possui eficiência limitada, visto que fungicidas não conseguem atingir controle mínimo de 80% da doença. As medidas de controle recomendadas envolvem principalmente evitar a introdução do patógeno na propriedade por meio de sementes certificadas e livres de estruturas de resistência do fungo (HENNING, 2009; FURLAN, 2012).

## 2.7 MÉTODOS DE CONTROLE DE DOENÇAS EM SOJA

De acordo com Hoffmann et al. (2004), o manejo das doenças de soja engloba um conjunto de práticas, envolvendo o uso de resistência genética, rotação de culturas, tratamento de sementes e controle químico com aplicações na parte aérea das plantas.

A utilização de resistência genética pode ser dificultada pela variabilidade genética dos patógenos, prejudicando o desenvolvimento e utilização de cultivares totalmente resistentes, assim como ocorre para a ferrugem asiática da soja (ANDRADE; ANDRADE, 2006). Por outro lado, a utilização de cultivares resistentes é a principal medida para o controle da mancha-de-rã (GÓMEZ, 2011).

Para o mofo branco, o controle preventivo é primordial, a fim de evitar a entrada do patógeno na propriedade, se tratando de um fungo de difícil controle devido a produção de estruturas de resistência. Recomenda-se a utilização de sementes de boa procedência, livres de estruturas do patógeno, que servem de inóculo inicial da doença (HENNING, 2009).

Quando causadas por fungos necrotróficos, doenças são passíveis de controle ao utilizar a rotação de culturas. O fungo causador do crestamento foliar de cercospora (*C. kikuchii*) é frequentemente encontrado em restos culturais, obtendo controle ao realizar a rotação de culturas (HOFFMANN et al., 2004). Segundo Zambolin et al. (2000), a incidência de doenças foliares é maior quando a soja é cultivada em semeadura direta e monocultura.

Para patógenos biotróficos, como *P. pachyrhizi*, agente causal da ferrugem asiática, a rotação de culturas torna-se ineficiente (HOFFMANN et al., 2004). O principal método de controle da doença é o manejo químico, embora o controle de maneira a integrar os manejos torne a eficiência maior (GODOY et al., 2016b).

## 2.7 CONTROLE QUÍMICO

O controle químico de doenças é prática recorrente na cultura da soja, principalmente por se tratar do principal método de controle da ferrugem asiática, uma das principais doenças. É comum observar aplicações calendarizadas na cultura, assim como baseadas no estágio fenológico da mesma. Visando o controle da ferrugem asiática, as aplicações geralmente se iniciam no florescimento (R1) da soja e se repetem a cada 14 a 21 dias. Em aplicações calendarizadas tem-se a possibilidade de ocorrer aplicações desnecessárias, visto que ignora alguns fatores que indicam inícios de epidemias (GODOY et al., 2009; GODOY et al., 2016b).

Segundo Henning et al. (2014), a definição do momento de aplicação é fundamental no planejamento de controle, a fim de evitar aplicações desnecessárias. Para isso, recomenda-se o monitoramento dos fatores de risco para a ocorrência de epidemias, iniciando o controle com o surgimento dos primeiros sintomas ou preventivamente (TECNOLOGIAS, 2006).

## 2.8 AÇÃO DE HERBICIDAS E INSETICIDAS SOBRE PATÓGENOS

A incidência de plantas daninhas é favorecida pela falta de cobertura do solo, permitindo a germinação e o estabelecimento destas plantas, que acabam competindo com a cultura por água e nutrientes disponíveis. A incidência de luminosidade é um dos fatores que auxiliam na germinação, por esse fato, ao ocorrer a cobertura do solo pelo desenvolvimento da parte aérea da cultura, a incidência das mesmas é dificultada. O controle de plantas infestantes ocorre principalmente durante o período inicial da cultura, onde o solo encontra-se mais exposto (PITELLI; DURIGAN, 2001).

Outro fator limitante à cultura está relacionado a presença de insetos pragas, capazes de causar danos, refletindo em menor produtividade. Segundo Sosa-Gómez (2014), mais de 40 espécies de insetos podem estar presentes durante o ciclo da soja. O percevejo marrom é uma das principais pragas, tanto pelo potencial de dano quanto pela abundância na cultura. As perdas são significativas, podendo reduzir a qualidade dos grãos pela formação de grãos chochos (SCOPEL, 2012). O controle do percevejo ocorre principalmente durante a formação das vagens, dependendo do nível populacional do inseto.

De acordo com Katan e Eshel (1973), os herbicidas podem interagir de diversas formas com doenças de plantas. Os possíveis resultados podem favorecer a ocorrência da doença, seja pelo estímulo da reprodução dos patógenos, como efeitos indiretos no aumento de suscetibilidade da planta ou agindo contra microrganismos antagonistas à patogênese. O efeito negativo de herbicidas para a ocorrência da doença pode ser observado como efeito direto de toxicidade ao patógeno, aumento da resistência do hospedeiro e relação com outros organismos, como o controle de plantas daninhas hospedeiras de patógenos.

Cultivares transgênicas possibilitam a aplicação de herbicidas em pós-emergência da cultura. Herbicidas como o glifosato e glufosinato de amônio apresentam tecnologias que permitem tal prática, como a soja Roundup Ready® e LibertyLink®. É previsto o lançamento da cultivar transgênica Intacta2Xtend, resistente ao herbicida dicamba, para o ano de 2020 (SAMORA; TEIXEIRA; POLANSEK, 2018; BAYER, 2019; MONSANTO, 2019). Como citado anteriormente, diversas são as doenças que podem acometer a cultura da soja durante o ciclo. A interação entre patógenos e herbicidas pode acontecer quando aplicados em pós emergência.

A ação de herbicidas sobre *C. cassiicola*, por exemplo, pode não se estender apenas pela ação direta ao patógeno. Devido à sua inespecificidade, o fungo pode atacar outras espécies de plantas, como trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e assa-peixe (*Vernonia*

*cinerea*), que podem estar presentes como plantas invasoras em sistemas de cultivo. De acordo com Oliveira et al. (2007), o isolado de *C. cassicola* obtido de plantas de assa-peixe (*Vernonia cinerea*) foi capaz de infectar e causar sintomas em plantas de soja, constituindo uma importante fonte de inóculo. A presença de plantas invasoras em sistemas de cultivo comumente é manejada quimicamente por meio de herbicidas sintéticos. O controle de plantas daninhas hospedeiras alternativas de patógenos pode influenciar na interação do patógeno com a cultura principal e conseqüentemente na ocorrência da doença.

Diversos patógenos apresentam sensibilidade a herbicidas. De acordo com Tonin et al. (2013), o fungicida carbendazin mostrou alta fungitoxicidade para o fungo *Macrophomina phaseolina*, apresentando concentração inibitória de 0,23 mg L<sup>-1</sup> do ingrediente ativo. A ação de glifosato em patógenos é relatada na ferrugem do trigo, causada por *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (FENG et al., 2005); no crescimento micelial radial de *Pythium ultimum* e *Fusarium solani* f. sp. *pisi*, e redução de germinação de conídios, crescimento micelial e esporulação de *F. solani* (KAWATE et al. 1992; SANOGO et al., 2000), incluindo a supressão da germinação de uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi* (SOARES et al., 2008; FENG et al., 2005)

O glifosato atua na inibição da enzima EPSP sintase (EPSPS), enzima chave na síntese de aminoácidos aromáticos ácidos. O efeito antagônico do glifosato sobre patógenos pode ser explicado pelo fato de que tal enzima encontra-se presente também em fungos e bactérias, além das plantas (KISHORE; SHAH, 1998).

De acordo com Soares et al. (2008), a ação de glifosato sobre a ferrugem asiática da soja ocorre apenas no estágio inicial da doença, caracterizando o efeito preventivo, não sendo observado nenhum efeito erradicativo. Além disso, o efeito protetor do glifosato se perdurou por período limitado, ou seja, a ação supressiva ocorre apenas nas deposições iniciais de esporos, não tendo ação significativa nas deposições subsequentes, e conseqüentemente, não possui ação capaz de inibir o desenvolvimento da doença.

O glufosinato de amônio, herbicida não seletivo, causa a inibição da síntese de glutamina em plantas, acarretando em rápido acúmulo de amônia no conteúdo intracelular. O acúmulo de amônia causa perturbação no cloroplasto, interrompendo a fotossíntese e acarretando em morte celular (DEVINE et al. 1993).

Além da ação de glifosato sobre patógenos, estudos comprovam também a ação de glufosinato de amônio inibindo a ação dos mesmos. Em *Rhizoctonia solani*, Black et al. (1996) comprovaram a inibição do crescimento micelial e a diminuição da formação de escleródios, assim como Wang et al. (2003), que observaram a completa inibição do

crescimento micelial na concentração de 336 e 448 mg de glufosinato, 3 dias após a inoculação de *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia homoeocarpa*.

O desenvolvimento anormal de apotécios de *S. sclerotiorum* submetidos a herbicidas foi relatado por Casale e Hart (1986). A má formação das estruturas reprodutivas do fungo pode ser observada após submetidos ao herbicida atrazina. As doses de atrazina que inibiram o crescimento micelial do fungo são maiores àquelas onde observou-se a má-formação do apotécio. Segundo os autores, tal fato pode reduzir o inóculo inicial da doença. Os mesmos resultados foram encontrados por Huang and Blackshaw (1995), sugerindo que resíduos de atrazina e simazine presentes no campo podem diminuir a formação de ascósporos, devido à má-formação ou esterilidade dos apotécios.

Poucos são os estudos destinados à interação de inseticidas e fitopatógenos, no entanto, trabalhos como os de Martins et al. (1997), estudando controle de ferrugem do pessegueiro, constataram que o inseticida cartap possuía potencial de controle da doença, juntamente com os produtos captana, mancozebe e tebuconazol. No mesmo contexto, o inseticida cartap mostrou ação antifúngica quando avaliados no controle da mancha angular e da ferrugem do feijoeiro (ITO, BERGAMIN FILHO, CASTRO, 1995; ITO, BERGAMIN FILHO, YUKI, 1994), sendo inclusive, registrado para o controle da ultima doença (MAPA, 2019).

A ação de inseticidas e herbicidas sobre microrganismos levanta questões também sobre o controle biológico de insetos, com fungos entomopatogênicos. Segundo Botelho e Monteiro (2011), o inseticida thiametoxan não afetou o crescimento micelial, a produção e a viabilidade dos esporos de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*. Entretanto, o inseticida fipronil se mostrou parcialmente tóxico, e aldicarbe apresentou-se tóxico aos fungos. Além de inseticidas, os autores verificaram efeitos tóxicos dos herbicidas diuron, hexazinone+diuron, clomazone+ametrina, 2,4 diclorofenoxiacético e maturadores etil-trinexapac, sulfometurom-metílico, afetando o desenvolvimento de ambos fungos.

Além da interação direta com o patógeno, os inseticidas podem auxiliar na resposta de defesa da planta frente a patógenos. De acordo com Ford et al. (2010), neonicotinóides como imidacloprido e clothianidin foram responsáveis pela indução da produção de ácido salicílico em plantas. O ácido salicílico é um fitohormônio conhecido por induzir a resistência de plantas, tanto para o estresse abiótico, como a deficiência hídrica, quanto para defesa contra patógenos.

## 2.9 ASSOCIAÇÃO E INTERAÇÃO ENTRE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

Segundo Gazziero (2015), é comum a mistura de produtos fitossanitários no tanque, principalmente combinações de inseticidas com fungicidas, herbicidas, adubo foliar e outras classes de produtos. A adoção de sistemas integrados de manejo, considerando e manejando todas as categorias de pragas (plantas daninhas, fitopatógenos, insetos, nematoides) possibilita a interação dos componentes do sistema, a exemplo da aplicação de herbicidas ou inseticidas e fungicidas.

Recomendações sobre a mistura de produtos fitossanitários era fornecida por empresas e pesquisadores. No entanto, em abril de 1985 o Ministério da Agricultura solicitou por meio de ofício DIPROF/SDSV 198/85 a retirada destas recomendações das instruções de uso, ficando entendido que misturas em tanque havia sido proibida (LIMA, 1997). Diversos debates buscavam discutir e normatizar a prática. A portaria nº67, publicada em 1995 (BRASIL, 1995), possibilitou a inclusão de recomendação das misturas em tanque nos registros de empresas, no entanto, foi revogada em 2002, pela Instrução Normativa nº 46 (BRASIL, 2002a), trazendo de volta o questionamento da proibição de misturas em tanques. De acordo com o Decreto 4.074/02 (BRASIL, 2002b), qualquer produto fitossanitário só pode ser receitado por um profissional habilitado e direcionados de acordo com recomendações de uso aprovadas em rótulo e bula pelos fabricantes, portanto, não podendo ser prescrita em receita agrônômica. De acordo com a Instrução Normativa nº 40, em vigor desde outubro de 2018, o engenheiro agrônomo poderá recomendar misturas entre produtos com base em seu conhecimento técnico e informações científicas, sendo de sua inteira responsabilidade. Definiu-se obrigatório constar na receita as informações relativas à mistura em tanque quando existentes em rótulos e bula, bem como informações sobre incompatibilidade dos produtos.

Existem vantagens para a realização de misturas de produtos fitossanitários, citam-se o aumento do espectro de ação, diminuir o número de aplicações, menor tempo de serviço e economia de água, além de menor tráfego de maquinários, diminuindo a compactação e gasto com combustível (GUIMARÃES, 2014; GAZZIERO, 2015). Entretanto, efeitos adversos podem contribuir para a desvantagem de tal prática. A mistura entre produtos fitossanitários permite a interação dos mesmos, podendo resultar em incompatibilidade física e/ou química, comprometendo a eficiência dos produtos (PETTER et al., 2013).

O estudo da associação entre os produtos fitossanitários pode-se descrever em associações: a) sinérgicas, onde a fitotoxicidade resultante da combinação dos produtos é maior que a soma dos efeitos dos produtos isolados; b) antagônicas, onde a fitotoxicidade resultante

da combinação dos produtos é menor que a soma dos efeitos dos produtos isolados; e c) aditiva, onde a fitotoxicidade resultante da combinação dos produtos é igual à soma dos efeitos dos produtos isolados (NASH, 1967).

Dentre as metodologias para a definição de qual tipo de interação ocorre em determinada associação, o uso de curvas de dose-resposta e isobogramas mostram-se eficientes. Inicialmente é preciso testar os produtos individualmente, em diferentes doses, além de doses dos produtos associados. Curvas de dose-resposta representam o controle obtido em função do aumento das doses do produto em questão, isolado ou em associação. As curvas são ajustadas, normalmente pelo modelo logístico, estimando a dose necessária para obter 50% de controle ( $C_{50}$ ) (SEEFELDT et al., 1995; BLACKSHAW et al., 1996).

Para a construção de um isobograma, as  $C_{50}$  dos produtos isolados são representadas por pontos em um eixo cartesiano, originando uma isóbole, ou linha de aditividade. Em seguida, as  $C_{50}$  dos produtos em associação são plotadas no eixo cartesiano, sendo possível inferir sobre a interação. Um efeito aditivo é considerado quando a  $C_{50}$  dos produtos em associação toca a isóbole de aditividade, inferindo que a associação não apresentou interação. Quando os pontos da  $C_{50}$  se situam abaixo da isóbole de aditividade, caracteriza o efeito sinérgico, pois o efeito da associação foi superior à soma das doses isoladas. Caracterizando o antagonismo, as  $C_{50}$  da associação se situam acima da isóbole de aditividade (CASANOVA; COSTA, 2017).

Inicialmente utilizado na farmacologia, os isobogramas foram empregados na área de agronomia por Tammes (1964). As curvas de dose-resposta e isobogramas foram utilizados para descrever associações entre herbicidas (FAUST et al., 1993; KRUSE; VIDAL; TREZI, 2006; CHEN et al., 2014; PARIS JUNIOR, 2018) e fungicidas (LEVY et al., 1986; GRABSKI; GISI, 1987; GISI, 1991; KOSMAN; COHEN, 1996; MARQUES, 2017).

## ARTIGO A: HERBICIDAS E INSETICIDAS NA GERMINAÇÃO DE ESPOROS, CRESCIMENTO MICELIAL E GERMINAÇÃO CARPOGÊNICA DE FITOPATÓGENOS INCIDENTES EM SOJA

### 3.1 RESUMO

O presente estudo avaliou a ação de herbicidas e inseticidas utilizados em pós-emergência da cultura da soja sobre o crescimento micelial de *Cercospora sojina*, *Cercospora kikuchii* e *Sclerotinia sclerotiorum*; germinação carpopogênica de escleródios de *S. sclerotiorum* e germinação e crescimento do tubo germinativo de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* e *Corynespora cassiicola*, para estes, avaliou-se a associação de fungicida e inseticidas na germinação de esporos. Foram avaliados os herbicidas glifosato, glufosinato de amônio e dicamba, inseticidas imidacloprido+bifentrina, thiamethoxam+lambdaciotalrina e cloridrato de cartape nas concentrações de 1; 10; 100; 1000 e 10000 ppm e fungicida trifloxistrobina+protioconazol nas concentrações de 0,1; 1; 10 e 100 ppm. A germinação de esporos de *P. pachyrhizi* e *C. cassiicola* foi analisada pela contagem de 200 esporos ao acaso, transformados em percentual de germinação. O comprimento do tubo germinativo foi obtido por meio de microscópio óptico com câmera acoplada. Foi calculada a dose que inibe 50% da germinação (CI<sub>50</sub>). Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados da germinação submetidos a associação de fungicidas e inseticidas foram utilizados em curvas de dose-resposta e isobogramas para definir o efeito da interação. O crescimento micelial de *C. sojina*, *C. kikuchii* e *S. sclerotiorum* foi avaliado por meio de concentrações dos produtos adicionados em meio BDA, sendo avaliado o diâmetro do crescimento micelial, convertido para porcentagem de inibição e estimada a CI<sub>50</sub>. A germinação carpopogênica de escleródios de *S. sclerotiorum* foi analisada pela deposição na superfície de solo esterilizado em gerbox, submetidos a aplicações de herbicidas e fungicida, avaliando número de estipes e apotécios. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade. O herbicida glufosinato inibiu a germinação de uredósporos de *P. pachyrhizi* a partir de 1 ppm. Imidacloprido+bifentrina afetou levemente a germinação de *C. cassiicola*, assim como herbicida dicamba. Inseticidas e herbicidas diminuíram o comprimento do tubo germinativo de *P. pachyrhizi* e *C. cassiicola*. Foi observado desenvolvimento anormal do tubo germinativo de *P. pachyrhizi* submetidos a glifosato, glufosinato de amônio e trifloxistrobina+protioconazol. Associações de cloridrato de cartape e trifloxistrobina+protioconazol foram sinérgicas inibindo a germinação de *P. pachyrhizi* e antagônicas ou aditivas para *C. cassiicola*. Foram necessárias concentrações acima de 10000 ppm de imidacloprido+bifentrina para inibir 50% do crescimento micelial de *S. sclerotiorum*, *C. sojina* e *C. kikuchii*. Cloridrato de cartape apresentou CI<sub>50</sub> menores para o crescimento micelial dos fungos avaliados. Menores números de apotécios foram observados nas concentrações de 1000 ppm de glifosato. Apotécios anormais foram observados para os herbicidas glifosato, glufosinato e dicamba. Herbicidas e inseticidas podem influenciar o desenvolvimento de fitopatógenos, além de causar modificações na morfologia de estruturas fúngicas.

**Palavras-chave:** glufosinato de amônio, glifosato, imidacloprido+bifentrina, thiamethoxam+lambdaciotalrina

## ARTICLE A: HERBICIDES AND INSECTICIDES IN THE SPORE GERMINATION, MYCELIAL GROWTH AND CARPOGENIC GERMINATION OF PHYTOPATHOGENS INCIDENT IN SOYBEAN

### 3.2 ABSTRACT

The objective of the present study was to verify the action of herbicides and insecticides used in post-emergence of soybean crop on the mycelial growth of *Cercospora sojina*, *Cercospora kikuchii* and *Sclerotinia sclerotiorum*; carpogenic germination of *S. sclerotiorum* sclerotia and germination and growth of the spore germ tube of *Phakopsora pachyrhizi* and *Corynespora cassiicola*, for these, the association of fungicide and insecticides in spore germination was evaluated. The concentrations of 1; 10; 100; 1000 and 10000 ppm were evaluated for the herbicides glyphosate, ammonium glufosinate and dicamba, insecticides imidacloprid + bifenthrin, thiamethoxam + lambda-cyhalothrin and cartape hydrochloride and concentrations of 0.1; 1; 10 and 100 ppm of the fungicide trifloxystrobin + prothioconazole. For the experiments of the action of insecticides and herbicides on the spore germination of *P. pachyrhizi* and *C. cassiicola*, the evaluation of the germination percentage was carried out based on the count of 200 spores at random. The germ tube length was evaluated using an optical microscope with a camera attached. The data were subjected to analysis of variance and Tukey's test at 5% probability. The dose that inhibits 50% of germination ( $IC_{50}$ ) was calculated. Spore germination data submitted to combinations of fungicide and insecticides formed dose-response curves and isobolograms, inferring about the interaction. Concentrations of herbicides, insecticides and fungicides were fused with BDA medium, evaluating the mycelial growth of *C. sojina*, *C. kikuchii* and *S. sclerotiorum*. The measurements were converted to the percentage of inhibition and estimated at  $IC_{50}$ . For *S. sclerotiorum* carpogenic germination, sclerotia were deposited in gerbox sterilized soil, submitted to herbicide and fungicide applications. The number of stipes and apotheciums were subjected to the Tukey test at 5% probability. The herbicide glufosinate inhibited the germination of *P. pachyrhizi* uredospores from 1 ppm. Imidacloprid + bifenthrin slightly affected the germination of *C. cassiicola*, as well as dicamba. Insecticides and herbicides decreased the length of the germ tube of *P. pachyrhizi* and *C. cassiicola*. Abnormal development of the *P. pachyrhizi* germ tube was observed, submitted to glyphosate, ammonium glufosinate and trifloxystrobin + prothioconazole. Associations of cartape hydrochloride and trifloxystrobin + prothioconazole were synergistic inhibiting the germination of *P. pachyrhizi* and antagonistic or additive to *C. cassiicola*. Even the highest concentration, of 10,000 ppm, of imidacloprid + bifenthrin did not reach 50% inhibition of the mycelial growth of *S. sclerotiorum*, *C. sojina* and *C. kikuchii*. Cartape hydrochloride showed lower  $IC_{50}$  for the mycelial growth of the evaluated fungi. Smaller apothecium numbers were observed at concentrations of 1000 ppm glyphosate. Abnormal apotheciums were observed for the herbicides glyphosate, glufosinate and dicamba. Herbicides and insecticides can influence the development of phytopathogens, in addition to causing changes in the morphology of fungal structures.

**Keywords:** ammonium glufosinate, glyphosate, imidacloprid + bifenthrin, thiamethoxam + lambda cyhalothrin

### 3. 3 INTRODUÇÃO

Diversos fatores podem limitar o potencial produtivo da cultura da soja, entre eles, a ocorrência concomitante de doenças, insetos pragas e plantas daninhas. Sistemas agrícolas convencionais usualmente utilizam o controle químico para manejar tais fatores, o que é facilitado pelo uso de cultivares transgênicos resistentes a herbicidas, possibilitando a aplicação em pós emergência da cultura e mistura de produtos.

Existem evidências de que herbicidas e inseticidas possuem ação sobre fitopatógenos. O efeito antagonista de glifosato no desenvolvimento da ferrugem da folha e colmo do trigo foi observada por Anderson & Kolmer (2005), no mesmo sentido, Soares et al. (2008) constataram a redução de germinação de uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi* pelo mesmo herbicida. A ação do herbicida glufosinato de amônio sobre fungos é relato na literatura inibindo o crescimento micelial e diminuindo a formação de escleródios de *Rhizoctonia solani* (BLACK et al., 1996). O herbicida atrazina confere alteração de apotécios, estruturas reprodutivas de *Sclerotinia sclerotiorum*, e também reduz o inóculo inicial do fungo na área (CASALE; HART, 1986). Para a classe dos inseticidas, o ingrediente ativo cloridrato de cartape mostrou-se eficiente no controle do fungo *Uromyces appendiculatus* em feijoeiro, reduzindo a severidade da doença (ITO, BERGAMIN FILHO, YUKI, 1995). Inseticidas profenofos, thiamethoxam e acefato apresentaram inibição do crescimento micelial de *Trichoderma harzianum*, fungo utilizado no controle biológico de patógenos de solo (THIRUCHCHELVAN et al., 2013). Botelho e Monteiro (2011) verificaram que o inseticida fipronil reduziu o crescimento micelial de *Beauveria bassiana* em 80%, afetando a produção e viabilidade de esporos produzidos.

Em aplicações realizadas na soja, usualmente observa-se mistura de produtos no tanque, sendo prática comum para aproximadamente 97% dos produtores brasileiros. Comumente realizadas no florescimento da cultura, aplicações de fungicidas, visando principalmente o controle da ferrugem asiática, e inseticidas, para o controle de percevejos, podem ser utilizados em associação. Devido a uma possível ação de inseticidas sobre microrganismos, a associação com fungicidas pode provocar interações, com efeitos sinérgicos, antagônicos ou aditivos. (NASH, 1967; GAZZIERO, 2015; GODOY et al., 2016b)

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a ação de herbicidas e inseticidas sobre a) a germinação e o crescimento do tubo germinativo de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* e *Corynespora cassiicola*. Para estes fungos, estudou-se também o efeito da associação de inseticidas e fungicidas na germinação de esporos. b) o crescimento

micelial de *Cercospora sojina*, *C. kikuchii* e *Sclerotinia sclerotiorum* e c) a germinação carpogênica de escleródios de *S. sclerotiorum*.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.4.1 Germinação e crescimento do tubo germinativo de *Phakopsora pachyrhizi* e *Corynespora cassiicola* submetidos a herbicidas, inseticidas e fungicida

Populações do fungo *P. pachyrhizi* foram coletadas durante a safra 2018/19, em Londrina-Paraná, e mantidas em câmeras de crescimento pelo método de folhas destacadas (FRAC, 2006), utilizando cultivar BMX Potência RR. Foi utilizado isolado de *Corynespora cassiicola* proveniente da coleção do Laboratório de Fitopatologia, em cultivo monospórico. A suspensão de esporos de *P. pachyrhizi* foi obtida por meio da varredura das folhas com lesões esporulantes em béquer contendo água destilada e agente dispersante Tween 20, até concentração final de  $4 \cdot 10^4$  esporos. mL<sup>-1</sup>. A suspensão de esporos de *C. cassiicola* foi obtida por meio da adição de água destilada em placas de Petri contendo isolado do fungo com 15 dias após a repicagem. Foi realizada a raspagem do micélio com auxílio de pincel, filtrado em gaze dupla, obtendo concentração de  $5 \cdot 10^4$  esporos. mL<sup>-1</sup>.

Os esporos de *P. pachyrhizi* e *C. cassiicola* foram submetidos a concentrações de 0; 1; 10; 100; 1000 e 10000 ppm dos herbicidas glifosato; glufosinato de amônio e dicamba, inseticidas thiamethoxam+lambda-cialotrina; imidacloprido+bifentrina e cloridrato de cartape e concentrações de 0; 0,1; 1; 10 e 100 ppm do fungicida trifloxistrobina+protioconazol, conforme Tabela 1. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, contendo 6 tratamentos para herbicidas e inseticidas e 5 tratamentos para fungicida, com 5 repetições.

**Tabela 1.** Ingredientes ativos, produtos comerciais, quantidade de ingrediente ativo e concentrações avaliadas na inibição da germinação de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* e *Corynespora cassiicola*.

Ingrediente ativo	Produto comercial	Quantidade de i.a.	Concentrações (ppm)
glifosato	Glyphotal	480 g. L <sup>-1</sup>	
glufosinato de amônio	Fascinate	200 g. L <sup>-1</sup>	
dicamba	Dicamax	480 g. L <sup>-1</sup>	
thiamethoxam+lambda-cialotrina	Engeo Pleno	141 + 106 g. L <sup>-1</sup>	0; 1; 10; 100; 1000 e 10000
imidacloprido+bifentrina	Galil	250 + 50 g. L <sup>-1</sup>	
cloridrato de cartape	Cartap BR 500	500 g. kg <sup>-1</sup>	
trifloxistrobina+protioconazol	Fox	150 + 175 g. L <sup>-1</sup>	0; 0,1; 1; 10 e 100

Conforme metodologia adaptada do FRAC (2009), foram transferidos 50 µL de cada suspensão de esporos em poços de placas de poliestireno com fundo plano do tipo Elisa, adicionando 50 µL dos tratamentos de herbicidas, inseticidas e fungicidas, de modo que a concentração final representasse cada tratamento. As placas foram incubadas no escuro a 23 °C ± 2 por 6 h, adicionando 20 µL de azul de algodão e lactofenol após este período, a fim de paralisar a germinação dos esporos. As placas foram armazenadas a 8 °C até as avaliações.

A avaliação do percentual de germinação foi realizada com auxílio de microscópio óptico por meio da contagem de 200 esporos por repetição, onde foram considerados germinados quando o tubo germinativo apresentava um comprimento maior que seu diâmetro (SHARVELLE, 1969). O crescimento do tubo germinativo foi analisado em 50 esporos por tratamento, com auxílio de microscópio óptico com câmera Moticam 2300 acoplada, e o comprimento do tubo germinativo mensurado utilizando programa Motic Images Plus 3.0. Assim como descrito por Chee (1988), esporos de *C. cassiicola* germinam em ambas extremidades do esporo, portanto os dados da germinação foram obtidos pela média do comprimento dos dois tubos germinativos.

A porcentagem de esporos germinados foi ajustada com auxílio do programa R CORE TEAM (2017), pacote “dcr”. O modelo logístico e de Gompertz foram utilizados para ajustar os dados. Foram calculadas as concentrações responsáveis pela inibição de 50% da germinação dos esporos. Os dados foram submetidos à análise de variância, e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados do comprimento do tubo germinativo foram analisados em esquema fatorial (5x6), sendo as 5 concentrações e 6 produtos, submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### *3.4.1.1 Sinergismo de misturas de inseticidas e fungicida na germinação de esporos de Phakopsora pachyrhizi e Corynespora cassiicola*

A interação entre trifloxistrobina + protioconazol foi analisada com os inseticidas cloridrato de cartape e thiamethoxam + lambda cialotrina, estes que demonstraram ação na germinação de esporos de *P. pachyrhizi* e *C. cassiicola* no experimento anterior. Foram utilizadas concentrações de cloridrato de cartape e thiamethoxam + lambda-cialotrina, sendo 1; 10; 100; 1000 e 10000 ppm, que receberam as duas menores concentrações de trifloxistrobina+protioconazol, de 0,1 e 1 ppm, conforme Tabela 2. Para trifloxistrobina + protioconazol foram empregadas concentrações de 0,1; 1; 10 e 100 ppm, que da mesma forma,

receberam as duas menores concentrações dos inseticidas, de 1 e 10 ppm, expostos na Tabela 3. A obtenção das concentrações de esporos; a montagem do experimento e as avaliações da germinação de esporos ocorreram conforme item 3.4.1.

**Tabela 2.** Tratamentos da associação de concentrações (ppm) do fungicida trifloxistrobina+protioconazol a inseticidas thiamethoxam+lambda-cialotrina e cloridrato de cartape.

thiamethoxam+lambda-cialotrina	thiamethoxam+lambda-cialotrina
+	+
trifloxistrobina+protioconazol	trifloxistrobina+protioconazol
0	0
1 + 0,1	1 + 1
10 + 0,1	10 + 1
100 + 0,1	100 + 1
1000 + 0,1	1000 + 1
10000 + 0,1	10000 + 1
cloridrato de cartape	cloridrato de cartape
+	+
trifloxistrobina+protioconazol	trifloxistrobina+protioconazol
0	0
1 + 0,1	1 + 1
10 + 0,1	10 + 1
100 + 0,1	100 + 1
1000 + 0,1	1000 + 1
10000 + 0,1	10000 + 1

**Tabela 3.** Tratamentos com concentrações (ppm) da associação dos inseticidas thiamethoxam+lambdas-cialotrina e cloridrato de cartape ao fungicida trifloxistrobina+protioconazol.

trifloxistrobina+protioconazol + thiamethoxam+lambdas-cialotrina	trifloxistrobina+protioconazol + thiamethoxam+lambdas-cialotrina
0	0
0,1 + 1	0,1 + 10
1 + 1	1 + 10
10 + 1	10 + 10
100 + 1	100 + 10
trifloxistrobina+protioconazol + cloridrato de cartape	trifloxistrobina+protioconazol + cloridrato de cartape
0	0
0,1 + 1	0,1 + 10
1 + 1	1 + 10
10 + 1	10 + 10
100 + 1	100 + 10

Para representar a associação os produtos, os dados foram submetidos a regressão não linear, obtendo a concentração responsável por 50% da germinação dos esporos ( $CI_{50}$ ). As  $CI_{50}$  formaram isobogramas com thiamethoxam + lambdas-cialotrina *versus* trifloxistrobina + protioconazol e cloridrato de cartape *versus* trifloxistrobina + protioconazol. Para a representação, as  $CI_{50}$  dos produtos isolados foram unidas em um eixo cartesiano, gerando a isóbole de aditividade. Os valores de  $CI_{50}$  resultantes das curvas com associação do respectivo inseticida e fungicida foram plotadas no gráfico, e a partir da posição em relação à isóbole de aditividade, foi possível inferir quanto ao efeito da interação dos produtos.

#### 3.4.2 Crescimento micelial de *Cercospora sojina*, *Cercospora kikuchii* e *Sclerotinia sclerotiorum* submetidos a herbicidas, inseticidas e fungicida.

Os fungos foram submetidos a herbicidas, inseticidas e fungicida descritos na Tabela 4. As diferentes concentrações foram obtidas por diluição e adicionados em meio de cultura de BDA. Após a autoclavagem, o erlenmeyer contendo meio de cultura Batata Dextrose Ágar (Sigma-Aldrich) foi resfriado, adicionando solução estoque dos produtos, de modo que as

concentrações finais sejam as desejadas. Os meios de cultura contendo as diferentes concentrações dos produtos foram vertidos em placas de Petri, sendo a testemunha apenas meio de cultura BDA. Após a solidificação do meio, as placas receberam discos micelial, com 6 mm de diâmetro, retirados das bordas de culturas monospóricas dos fungos, com 10 dias de crescimento. As placas foram incubadas a  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  e 12 horas de fotoperíodo.

**Tabela 4.** Ingredientes ativos, produtos comerciais, quantidade de ingrediente ativo e concentrações avaliadas na inibição do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Cercospora sojina* e *Cercospora kikuchii*.

Ingrediente ativo	Produto comercial	Quantidade de i.a.	Concentrações (ppm)
glifosato	Glyphotal	480 g. L <sup>-1</sup>	0; 10; 100; 1000 e 10000
glufosinato de amônio	Fascinate	200 g. L <sup>-1</sup>	
dicamba	Dicamax	480 g. L <sup>-1</sup>	
thiamethoxam+lambdacialotrina	Engeo Pleno	141 + 106 g. L <sup>-1</sup>	0; 0,1; 1 ;10 e 100
imidacloprido+bifentrina cloridrato de cartape	Galil Cartap BR 500	250 + 50 g. L <sup>-1</sup> 500 g. kg <sup>-1</sup>	
trifloxistrobina+protioconazol	Fox	150 + 175 g. L <sup>-1</sup>	

Para *Sclerotinia sclerotiorum*, o crescimento micelial foi avaliado diariamente com auxílio de paquímetro, realizando a medição em duas direções perpendiculares, até que o tratamento testemunha atingiu os bordos da placa, segundo metodologia adaptada de Avozani, Reis e Tonin (2014). Para *Cercospora kikuchii* e *Cercospora sojina*, o crescimento micelial foi avaliado a cada dois dias durante 10 dias, realizando a medição em duas direções perpendiculares, conforme metodologia adaptada de Teramoto et al. (2012). Foi determinada a inibição de crescimento micelial através da fórmula:

$$ICM = 100 - \frac{(i \times 100)}{t}$$

Onde i corresponde ao raio do crescimento micelial nas concentrações testadas e t raio do crescimento micelial da testemunha.

Os dados de inibição do crescimento micelial foram ajustados com auxílio do programa R CORE TEAM (2017), pacote “dcr”. O modelo logístico e de Gompertz foram utilizados para ajustar os dados. Foram calculadas as concentrações responsáveis pela inibição de 50% do crescimento micelial. Os dados foram submetidos à análise de variância, analisados

em esquema fatorial (5x6), sendo as 5 concentrações e 6 produtos, submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.2.3 Germinação carpogênica de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* submetidos a herbicidas e inseticidas

Foram utilizados escleródios produzidos artificialmente em substratos de grãos de aveia com casca. Para o substrato foram utilizados 400 g de aveia com casca e 60 mL de água destilada, acondicionados em erlenmeyers. Foram autoclavado por 20 minutos a 120°C, adicionado mais 40 mL de água e autoclavado novamente. Após o resfriamento, em câmara de fluxo laminar, 40 discos de BDA contendo micélio do fungo foram transferidos para os erlenmeyers e incubados a  $28 \pm 2^\circ \text{C}$  por trinta dias. Os escleródios formados no substrato de aveia em casca foram secos à temperatura ambiente e separados, manualmente, do substrato de origem (COSTA; COSTA, 2006).

O solo foi autoclavado duas vezes, com intervalo de 24 horas a temperatura de 120 °C durante 30 minutos, e distribuído na proporção de 150 gramas por caixa de poliestireno (11 cm x 11 cm) e dez escleródios foram acondicionados em cada caixa, sob a superfície do solo (REIS et al., 2011).

Simulando lâmina d'água de 3,5 mm, foram pulverizadas soluções com concentrações de 1; 10; 100; 1000 e 10000 ppm de herbicidas a base de glufosinato de amônio (Fascinate, 200 g. L<sup>-1</sup> i.a), glifosato (Glyphotal, 480 g. L<sup>-1</sup> i.a) e dicamba (Dicamax, 480 g. L<sup>-1</sup> i.a) e concentrações de 0,1; 1; 10 e 100 ppm do fungicida dimoxistrobina (Spot® SC, 200 g. L<sup>-1</sup> i.a). As caixas plásticas foram incubadas a 19 °C e fotoperíodo de 12h. As avaliações foram realizadas aos 30, 40 e 50 dias por contagem do número de estipes (NE) e número de apotécios formados (NA) (REIS et al., 2011).

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada caixa gerbox correspondeu a uma repetição. Os dados foram transformados em  $\sqrt{x}$  por não apresentarem distribuição normal, segundo teste de Shapiro-Wilk. Após atender aos pressupostos, os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade, analisados em esquema fatorial (5x3) sendo as concentrações e dias de avaliação.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.5.1 Germinação e crescimento do tubo germinativo de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* e *Corynespora cassiicola* tratados com inseticidas, herbicidas e fungicida

Os três herbicidas avaliados, glifosato, glufosinato de amônio e dicamba, demonstraram ação na inibição da germinação. A menor concentração, de 1 ppm, foi responsável por uma redução significativa na germinação dos uredósporos de *P. pachyrhizi* submetidos ao herbicida glufosinato de amônio nos dois experimentos realizados (Tabela 1). Com o aumento da concentração do glifosato a redução foi proporcional ao aumento da dose, sendo a concentração de 10.000 ppm responsável pela inibição total da germinação. De maneira semelhante, o glufosinato e dicamba causaram reduções significativas na germinação com o aumento das concentrações.

**Tabela 5.** Germinação (%) de uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi* submetidos a herbicidas e inseticidas

Exp I						
ppm	glifosato	glufosinato	dicamba	thi+lc	imid+bif	clor.cartape
0	51,0 a	49,4 a	46,6 a	63,8 a	50,8 a	57,6 a
1	50,0 a	36,4 b	48,6 a	66,2 a	49,4 a	56,2 a
10	48,0 a	30,0 b	38,8 b	55,6 b	49,2 a	42,0 b
100	28,2 b	29,4 b	25,6 c	47,2 b	48,8 a	0,0 c
1000	5,0 c	15,2 c	12,0 d	5,8 c	48,4 a	0,0c
10000	0,0 d	7,8 c	2,2 e	0,6 c	48,0 a	0,0 c
CV (%)	8,36	20,56	15,01	14,85	8,29	20,74
Exp II						
ppm	glifosato	glufosinato	dicamba	thi+lc	imid+bif	clor.cartape
0	60,5 a	62,0 a	60,4 a	64,0 a	62,8 a	65,2 a
1	45,6 b	44,2 b	56,4 a	51,2 b	55,6 ab	52,0 b
10	41,8 bc	30,6 c	46,2 b	49,6 b	51,8 ab	44,8 b
100	35,8 c	32,2 c	45,8 b	46,4 b	50,6 b	0,0 c
1000	20,6 d	1,0 d	17,0 c	4,6 c	48,0 b	0,0 c
10000	0,0 e	0,0 d	5,0 e	1,4 c	45,0 b	0,0 c
CV (%)	13,90	17,24	8,32	13,34	11,24	15,6

thi+lc = thiamethoxam+lambda-cialotrina; imid+bif = imidacloprido+bifentrina; clor. cartape = cloridrato de cartape. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos no experimento concordam com os de Soares et al. (2008), onde o herbicida glifosato inibiu a germinação dos esporos de *P. pachyrhizi* nas concentrações de 100, 1000 e 10000 ppm. No presente trabalho, a germinação foi reduzida já na concentração de 1 e 10 ppm de glifosato, conforme experimento II (Tabela 1), sendo a germinação inibida em 50% nas concentrações de 125 e 237 ppm nos experimentos realizados.

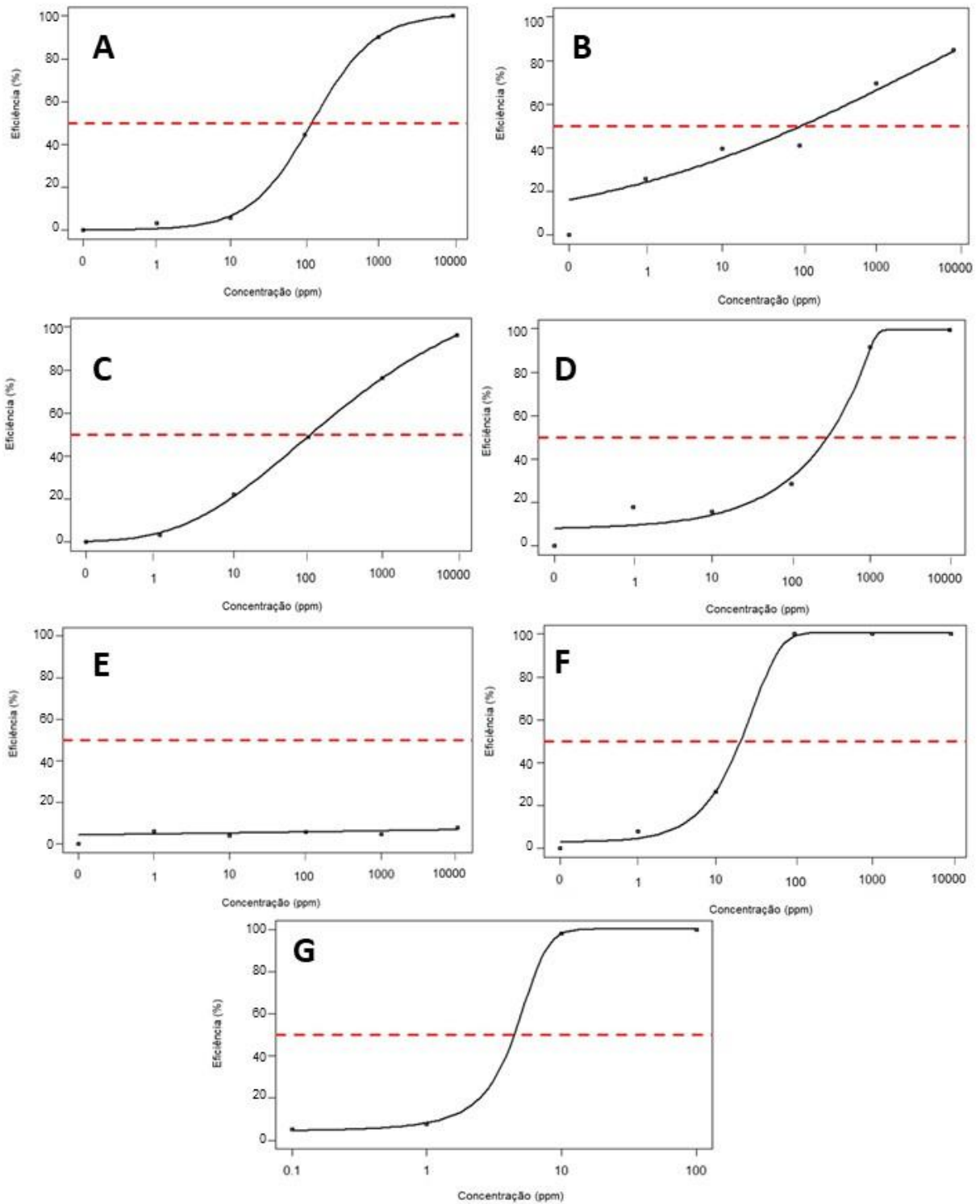
Segundo Schwan-Stoffel, Gavassoni e Bacchi (2012), os herbicidas glifosato, clorimurrom-etílico, fomesafem + óleo mineral, cletodim + fenoxapropP-etílico e lactofem possuem efeito inibidor da germinação de uredósporos de *P. pachyrhizi*.

Produtos adicionados a misturas de produtos fitossanitários, como o uso de adjuvantes, também podem interagir com patógenos de doenças de plantas. Segundo Nascimento, Gavassoni, Bacchi e Melo (2015), a germinação de uredósporos de *P. pachyrhizi* foi significativamente menor quando expostos aos adjuvantes Assist®, Break Thru®, Aureo® e Nimbus®, com o dobro da dose recomendada pelo fabricante.

Os resultados para o efeito de inseticidas sobre fitopatógenos sugerem a redução na germinação de uredósporos de *P. pachyrhizi*. A redução causada pelo inseticida thiamethoxam+lambd-cialotrina é crescente com incremento da concentração, assim como para o cloridrato de cartape. Apesar de reduzir a germinação no experimento II, o inseticida imidacloprido+bifentrina não teve o mesmo efeito no experimento I quando comparado a testemunha.

O aumento das concentrações de herbicidas glifosato, glufosinato de amônio e dicamba diminuíram a germinação dos esporos de *P. pachyrhizi* (Figura 1A, B e C), o mesmo foi observado para o inseticida thiamethoxam + lambd-cialotrina (Figura 1 D) e cloridrato de cartape (Figura 1F), enquanto que observado um baixo efeito do inseticida imidacloprido + bifentrina na germinação dos uredósporos (Figura 1E)

**Figura 1.** Curva de eficiência de controle da germinação de uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi* submetidos a concentrações dos herbicidas glifosato (A), glufosinato de amônio (B) e dicamba (C), inseticidas thiamethoxam + lambda-cialotrina (D), imidacloprido + bifentrina (E) e cloridrato de cartape (F) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (G).



O glufosinato de amônio e dicamba reduziram a germinação de esporos de *C. cassiicola* a partir da concentração de 10 ppm em ambos experimentos, conforme Tabela 2. Embora tenham sido observadas diferenças entre as concentrações de glufosinato e dicamba, o aumento da dose não reduziu proporcionalmente a germinação, como foi observado com *P. pachyrhizi*. Em contrapartida, o glifosato inibiu em 100% a germinação dos esporos na concentração de 10.000 ppm.

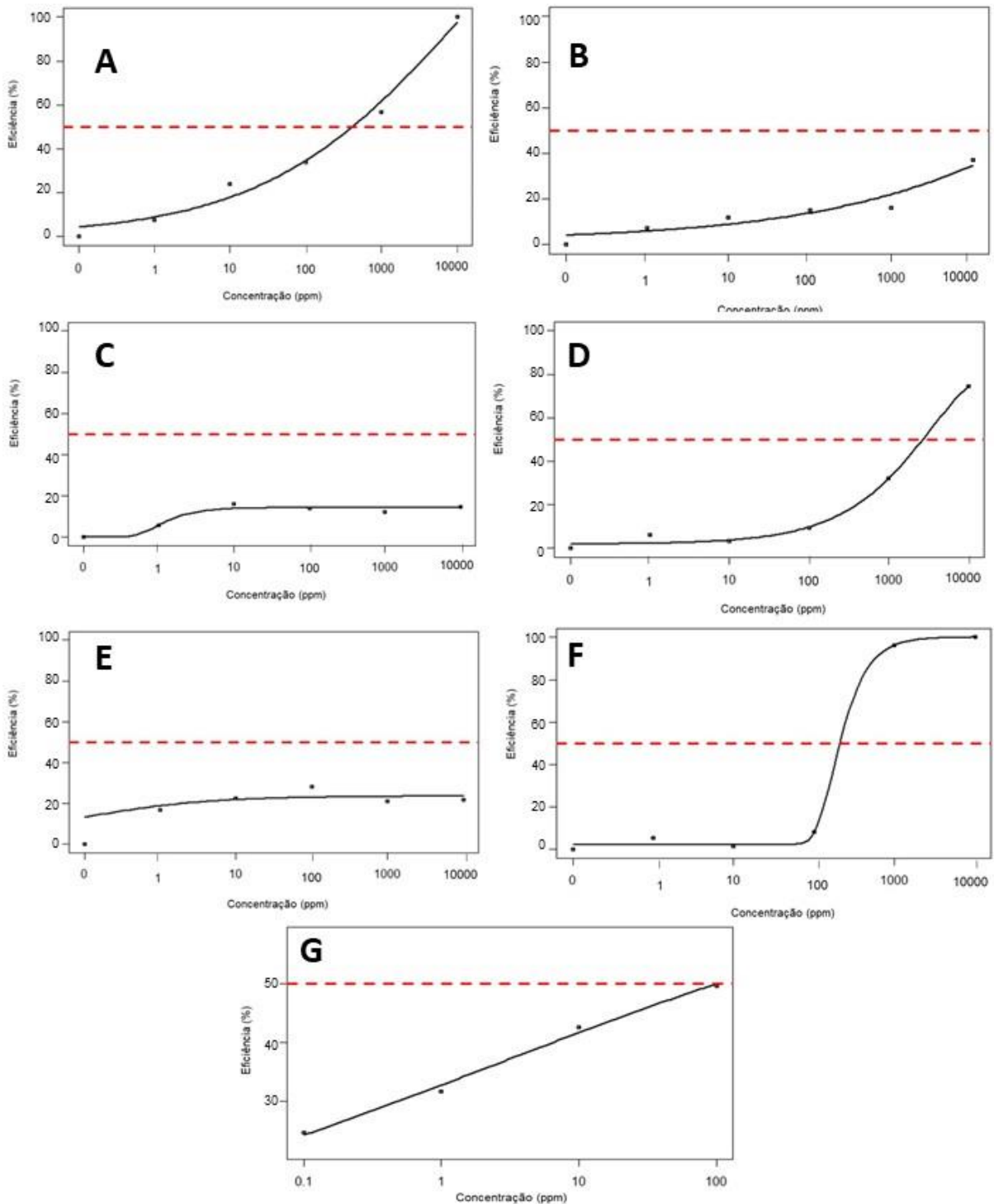
**Tabela 6.** Germinação (%) de esporos de *Corynespora cassiicola* submetidos a herbicidas e inseticidas

Exp I						
ppm	glifosato	glufosinato	dicamba	thi+lc	imid+bif	clor.cartape
0	66,6 a	82,4 a	61,0 a	60,4 a	64,4 a	74,4 a
1	62,0 a	76,4 ab	58,2 ab	59,0 a	53,8 b	71,2 a
10	50,6 b	72,8 bc	51,0 b	56,6 a	50,0 b	73,8 a
100	44,4 b	70,2 c	52,4 b	54,8 a	46,4 b	68,4 a
1000	29,0 c	69,4 c	53,8 b	41,0 b	50,6 b	2,8 b
10000	0,0 d	51,8 d	52,0 b	15,6 c	50,2 b	0,0 b
Cv (%)	11,20	4,39	7,94	6,80	8,27	7,41
Exp II						
ppm	glifosato	glufosinato	dicamba	thi+lc	imid+bif	clor.cartape
0	63,1 a	80,4 a	68,8 a	71,5 a	66,8 a	77,4 a
1	57,4 a	75,0 a	64,1 a	67,2 a	61,2 a	72,0 ab
10	62,0 a	72,4 b	59,0 b	69,1 a	54,2 b	68,2 b
100	44,4 b	70,2 b	58,1 b	68,4 a	52,3 b	66,0 b
1000	29,0 c	70,2 b	55,4 b	51,0 b	53,4 b	3,4 c
10000	0,0 d	50,4 c	51,1 c	21,0 c	52,7 b	0,0 c
Cv (%)	11,60	5,48	9,01	8,21	5,15	10,4

thi+lc = thiamethoxam+lambda-cialotrina; imid+bif = imidacloprido+bifentrina; clor. cartape = cloridrato de cartape. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os inseticidas thiamethoxam+lambda-cialotrina, cloridrato de cartape e imidacloprido + bifentrina inibiram a germinação dos esporos de *C. cassiicola*, embora a ação do último tenha sido menor mesmo com o aumento das concentrações, como ilustra a Figura 2. Maior inibição com o aumento das concentrações foi observada apenas nas maiores concentrações para os inseticidas thiamethoxam+lambda-cialotrina e cloridrato de cartape.

**Figura 2.** Curva de eficiência de controle da germinação de esporos de *Corynespora cassiicola* submetidos a concentrações dos herbicidas glifosato (A), glufosinato de amônio (B) e dicamba (C), inseticidas thiamethoxam+lambda-cialotrina (D), imidacloprido + bifentrina (E), cloridrato de cartape (F) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (G).



Apesar de escassos, trabalhos relatam a ação de inseticidas na germinação de esporos de fitopatógenos. De acordo com Martins (1997), a inibição da germinação de uredósporos de *Tranzschelia discolor*, agente causal da ferrugem do pessegueiro, chegou a

86,90% quando submetidos a 100 ppm do inseticida cartap. A ação fungicida de cartap foi observada também por Ito et al. (1995), onde o inseticida proporcionou menor severidade de ferrugem do feijoeiro, além de maior produtividade, diferindo estatisticamente da testemunha.

A germinação dos esporos de *P. pachyrhizi* e *C. cassiicola* também foi avaliada quando submetidos ao tratamento com fungicida a base de trifloxistrobina + protioconazol (Tabela 5). A germinação de *P. pachyrhizi* decresceu a partir de 1 ppm do fungicida, sendo totalmente inibida a 100 ppm. Em contrapartida, a germinação de esporos de *C. cassiicola* não sofreu grande influência do aumento das concentrações, sendo observado 40,6 e 43,4 % de germinação na concentração de 100 ppm, embora estatisticamente menor que a testemunha.

**Tabela 7.** Germinação (%) de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* e *Corynespora cassiicola* submetidos ao tratamento com fungicida trifloxistrobina + protioconazol

Exp I		
ppm	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	<i>Corynespora cassiicola</i>
0	64,0 a	78,6 a
0,1	55,4 ab	59,6 b
1	50,4 b	54,0 b
10	1,2 c	46,2 c
100	0,0 c	40,6 c
Cv (%)	13,83	7,01
Exp II		
ppm	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	<i>Corynespora cassiicola</i>
0	57,5 a	81,5 a
0,1	56,0 a	76,3 a
1	47,2 b	64,8 b
10	2,8 c	57,8 b
100	0,0 c	43,4 c
Cv (%)	11,77	8,11

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Teramoto et al. (2017) identificaram isolados de *C. cassiicola* resistentes a fungicidas do grupo QoI, especificamente à trifloxistrobina. 62% dos isolados se apresentaram altamente não sensíveis, sendo a EC50 >25 µg mL<sup>-1</sup>. A concentração inibitória de 50% da germinação foi observada no presente trabalho em 153 e 249 ppm do fungicida, que correspondem a 22,95+26,77 e 37,35+43,57 mg. L<sup>-1</sup> de trifloxistrobina+protioconazol.

A germinação de *P. pachyrhizi* foi inibida em 50% nas concentrações de 4,46 e 2,11 ppm do fungicida (Tabela 8), correspondendo a 0,66+0,78 e 0,31+0,36 mg. L<sup>-1</sup> de trifloxistrobina+protioconazol.

**Tabela 8.** Concentrações (ppm) responsáveis pela inibição de 50% da germinação (CI<sub>50</sub>) de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* e *Corynespora cassiicola* submetidos ao tratamento com fungicida, herbicidas e inseticidas.

		<i>Phakopsora pachyrhizi</i>						
		trif+protio	glifosato	glufosinato	dicamba	thi+lc	imid+bif	clor.cartape
Exp I		4,46	125	351	286	330	>10.000	21
Exp II		2,11	237	312	288	249	>10.000	34
		<i>Corynespora cassiicola</i>						
		trif+protio	glifosato	glufosinato	dicamba	thi+lc	imid+bif	clor.cartape
Exp I		153	1.273	>10.000	>10.000	1.945	>10.000	212
Exp II		249	1.245	>10.000	>10.000	4.344	>10.000	192

trifl+protio = trifloxistrobina+protioconazol; thi+lc = thiamethoxam+lambda-cialotrina; imid+bif = imidacloprido+bifentrina; clor. cartape = cloridrato de cartape

Para inibir a germinação de *P. pachyrhizi* em 50% foram necessários 125 e 237 ppm de glifosato, correspondendo à 60 e 113 mg i.a. L<sup>-1</sup>. A germinação de *C. cassiicola* foi reduzida em 50% com 611 e 597 mg. L<sup>-1</sup> de glifosato. A dose recomendada de herbicidas pode sofrer variação de acordo com a espécie de planta daninha presente e seu estágio fenológico. Considerando a dose máxima de glifosato recomendada pelo fabricante, de 5 L. ha<sup>-1</sup> e volume de calda de 100 L. ha<sup>-1</sup>, a concentração do produto comercial na calda de pulverização pode chegar a 50.000 ppm.

O herbicida glufosinato de amônio nas concentrações de 351 e 312 ppm também alcançaram a inibição de 50% dos uredósporos, correspondendo a 70 e 62 mg. L<sup>-1</sup> do ingrediente ativo. Mesmo a concentração máxima testada, de 10000 ppm, não atingiu o controle de 50% da germinação de *C. cassiicola*. Para o herbicida glufosinato de amônio, a dose máxima recomendada pelo fabricante é de 3,5 L. ha<sup>-1</sup>, em 100 L de calda, alcançando 35000 ppm.

Para o dicamba, foram necessários 137 e 138 mg. L<sup>-1</sup> do ingrediente ativo para inibir 50% da germinação de esporos de *P. pachyrhizi*, mas estima-se concentrações acima de 10000 ppm para *C. cassiicola*. A recomendação para aplicações do herbicida dicamba sugere a dose de 1,5 L. ha<sup>-1</sup> em 150 L de calda, chegando a concentração de 10000 ppm.

Para inseticidas, seguindo as recomendações dos fabricantes, a calda de pulverização contendo 200 ml de thiamethoxam+lambda-cialotrina em 200 L de calda, apresentaria concentração de 1000 ppm. As concentrações de 330 e 249 ppm do inseticida foram responsáveis pela inibição de 50% da germinação de esporos de *P. pachyrhizi*. Para *C. cassiicola*, as concentrações foram maiores, estimadas em 1945 e 4344 ppm, sendo esperada pouca interferência na germinação de esporos deste fungo.

O controle da ferrugem do feijoeiro (causado por *Uromyces appendiculatus*) pode ser realizado utilizando cloridrato de cartape. Recomenda-se 1,5kg. ha<sup>-1</sup> em 500 L de

calda, chegando a uma concentração de 3000 ppm. Concentrações de 21 e 34 ppm foram responsáveis pela redução de 50% da germinação de *P. pachyrhizi*, e 212 e 192 ppm para *C. cassiicola*. A calda de pulverização de imidacloprido+bifentrina pode apresentar concentração de 2000 ppm, seguindo a recomendação de 400 ml do produto comercial em 200 L de calda, no entanto, seriam necessárias concentrações acima de 10000 ppm para inibir metade da germinação de esporos dos fungos em questão.

No estudo realizado *in vitro* a germinação de esporos de *P. pachyrhizi* e *C. cassiicola* podem ser influenciadas por herbicidas e alguns inseticidas. Entretanto, levando em consideração a aplicação em pós-emergência da cultura, as perdas provocadas pela qualidade da aplicação e a reduzida quantidade de ingrediente ativo que pode entrar em contato com o fungo, é baixa a capacidade de herbicidas e inseticidas afetar significativamente a germinação de esporos, e conseqüentemente na ocorrência da doença no campo.

Além da germinação dos esporos, foi analisado o comprimento do tubo germinativo para ambos patógenos. O herbicida glifosato diminuiu o comprimento do tubo germinativo de *P. pachyrhizi* a partir da concentração de 10 ppm, enquanto que os inseticidas thiamethoxam + lambda-cialotrina e cloridrato de cartape reduziram o crescimento do tubo germinativo na concentração de 1 ppm. O inseticida cloridrato de cartape causou as maiores inibições no crescimento do tubo germinativo em todas as concentrações, semelhante aos herbicidas glifosato e glufosinato nas maiores concentrações.

**Tabela 9.** Comprimento do tubo germinativo ( $\mu\text{m}$ ) de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* e *Corynespora cassiicola* submetidos as concentrações de herbicidas e inseticidas.

<i>Phakopsora pachyrhizi</i>						
ppm	Herbicidas			Inseticidas		
	gly	gluf.	dic.	imid+bif	thiam+lmbc	cartape
0	161 a					
1	159 Ca	159 Ca	160 Ca	159 Cab	135 Bb	107 Ab
10	126 Cb	159 Da	158 Dab	160 Da	114 Bc	50 Ac
100	105 Cc	150 Da	150 Db	152 Db	56 Bd	0 Ad
1000	34 Cd	22 Bb	132Ec	146 Ebc	49 Dd	0 Ad
10000	0 Ae	0 Ac	52 Cd	138 Dc	28 Be	0 Ad
CV%	16,76					
<i>Corynespora cassiicola</i>						
ppm	Herbicidas			Inseticidas		
	gly	gluf.	dic.	imid+bif	thiam+lmbc	cartape
0	78 a					
1	73 Aab	81 Aa	74 Aa	77 Aa	80 Aa	71 Aa
10	57 Ab	76 Ba	70 Bab	75 Ba	76 Ba	64 ABb
100	48 Abc	69 Bab	54 ABb	78 Ca	67 BCb	59 ABb
1000	29 Ac	54 BCc	47 Bbc	69 Db	54 BCc	34 Ac
10000	0 Ad	25 Bd	38 ABc	61 Cb	19 Bd	0 Ad
CV%	15,12					

\* Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Gly=glifosato; gluf.=glufosinato de amônio; dic.= dicamba; imid+bif=imidacloprido+bifentrina; thiam+lmbc=thiametoxam+lambdacialotrina; cartape = cloridrato de cartape

O tubo germinativo de *C. cassiicola* foi reduzido a partir da concentração de 10 ppm de cloridrato de cartape e glifosato. O inseticida imidacloprido+bifentrina alterou o comprimento do tubo germinativo apenas a partir da concentração de 1000 ppm. Entretanto, diminuições mais expressivas no comprimento do tubo germinativo foi observado a partir da concentração de 100 ppm, sendo que o inseticida cloridrato de cartape possibilitou maiores reduções, significativamente igual ao herbicida glifosato na maior concentração.

Assim como os inseticidas, o fungicida trifloxistrobina + protioconazol foi responsável pelo menor desenvolvimento do tubo germinativo a partir da concentração de 1 ppm (Tabela 6). Vale ressaltar a semelhança e equivalência entre as concentrações de trifloxistrobina + protioconazol e cloridrato de cartape no menor comprimento de tubo de esporos de *P. pachyrhizi*.

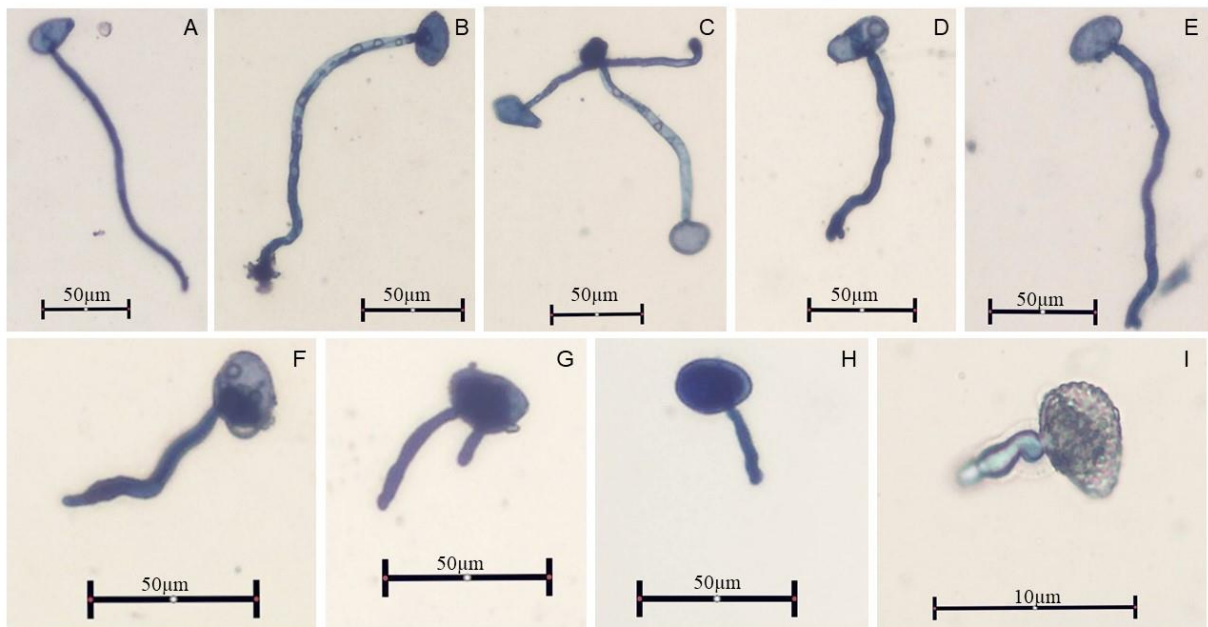
**Tabela 10.** Comprimento do tubo germinativo ( $\mu\text{m}$ ) de uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi* submetidos as concentrações fungicida.

ppm	trifl+protio	
	<i>P. pachyrhizi</i>	<i>C. asiicola</i>
0	161 a	78 a
0,1	154 a	57 b
1	87 b	48 b
10	51 c	34 c
100	0 d	21 d
CV (%)	31,15	21,54

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. trifl+protio=trifloxistrobina+protioconazol.

Foram observadas modificações morfológicas de uredósporos de *P. pachyrhizi*, também descritas por Schwan-Stoffel, Gavassoni e Bacchi (2012) como alterações no diâmetro do tubo germinativo e áreas com maior concentração citoplasmática que outras. No tratamento com 10 ppm de trifloxistrobina+protioconazol, foi comum o surgimento de dois tubos germinativos, conforme ilustra a Figura 3G.

**Figura 3.** Tubo germinativo de uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi* no tratamento testemunha (A), e deformação do tubo germinativo nas concentrações de 1 ppm de glifosato (B), 1000 ppm de glifosato (C, D), 1000 ppm de glufosinato de amônio (E), 1 (F) e 10 ppm (G) de trifloxistrobina + protioconazol e 10.000 ppm de glifosato (H) e glufosinato de amônio (I).



Wyss; Müller-Schärer (2001) verificaram a supressão da germinação de aeciósporos de *Puccinia lagenophorae* quando expostos à dose recomendada a campo de

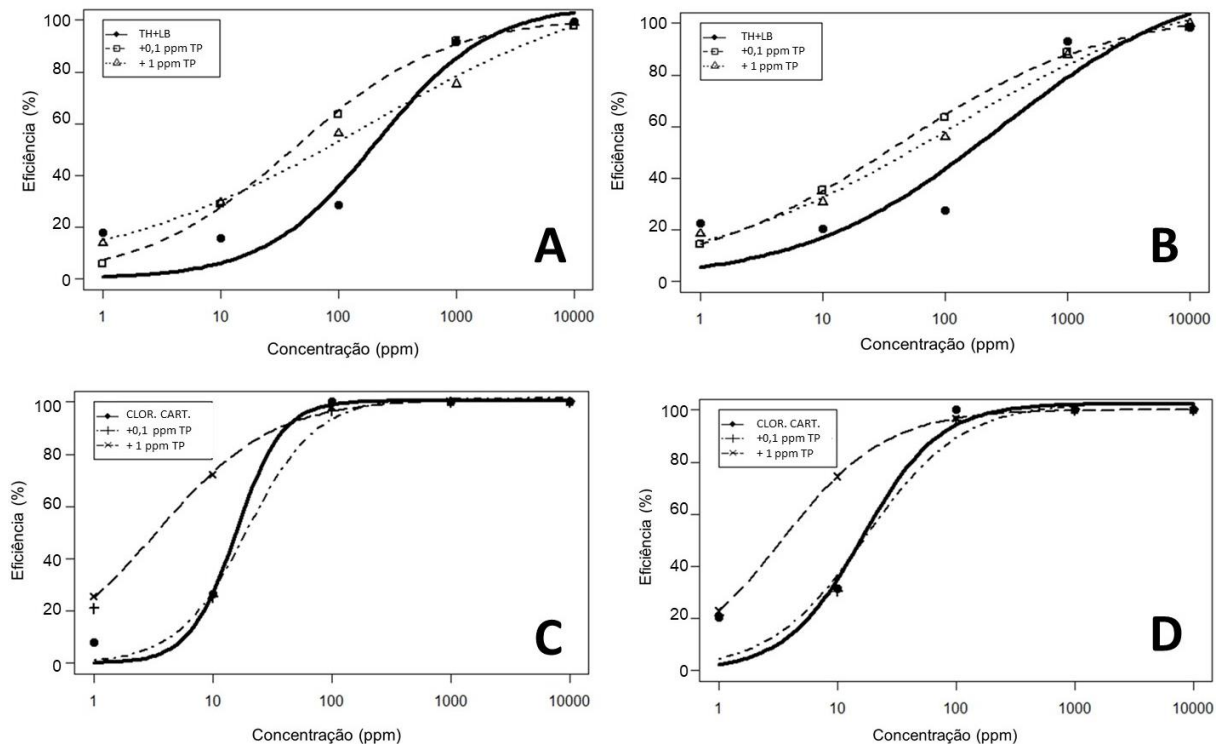
glifosato e 2,4-D. Um quarto da dose de glifosato também suprimiu a germinação dos esporos, ao contrário do 2,4-D que ainda permitiu a germinação nos dois experimentos realizados. Os mesmos autores verificaram desenvolvimento anormal do tubo germinativo sob ação de 2,4-D, linuron e glifosato. Tubos germinativos mostraram-se atrofiados e com menor tamanho em relação à testemunha.

### 3.5.1.1 Sinergismo de misturas de inseticidas e fungicida na germinação de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* e *Corynespora cassiicola*

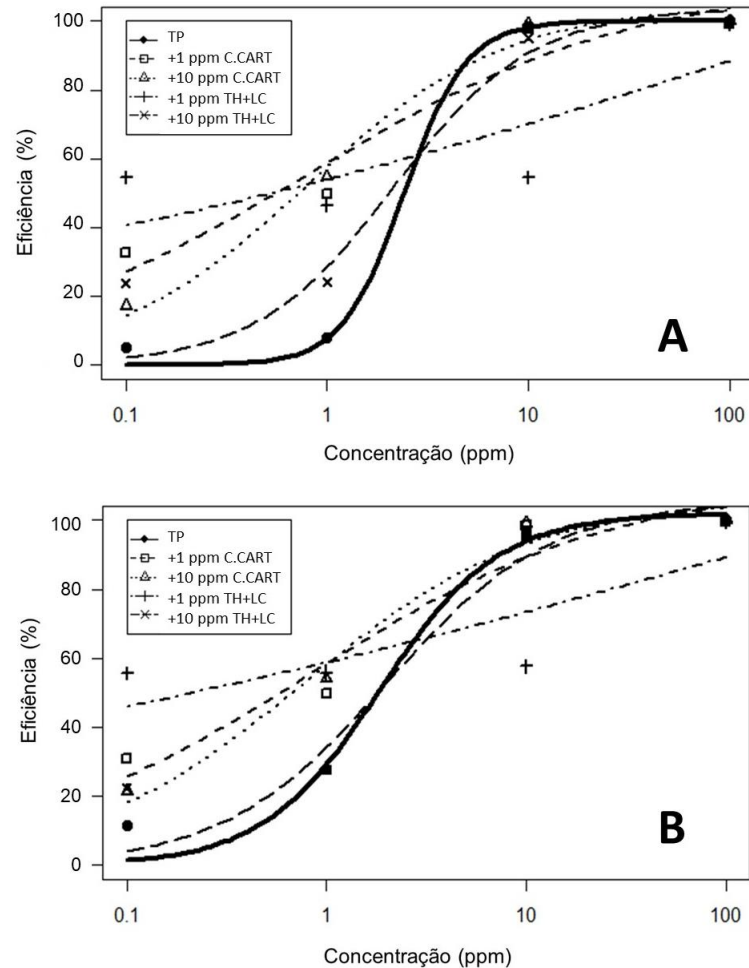
Inicialmente foi evidente a ação de inseticidas sobre a germinação de esporos de *P. pachyrhizi* e *C. cassiicola* nos experimentos anteriores. Comumente realizada na prática, a mistura de fungicidas e inseticidas podem apresentar interação, provocando alterações no controle da germinação. Tal interação pode provocar um efeito positivo, aumentando o controle comparado ao produto isolado, ou efeito negativo, diminuindo o controle efetivo.

Nota-se que a associação dos produtos em doses mais elevada proporciona menor ganho no controle (Figura 4 e 5). Quando o percentual de controle dos produtos aplicados isoladamente é elevado (>70%) fica comprometida a determinação dos fatores de sinergia entre eles (Gisi et al., 1985). Os autores afirmam que a interação entre produtos pode ser melhor comparada quando a as eficácias individuais não são muito altas e que quando um ou ambos são superiores a 70%, a análise pode não definir eficientemente o efeito sinérgico

**Figura 4.** Curvas de dose-resposta para a variável eficiência de controle da germinação de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* submetidos a associação de fungicida e inseticidas thiamethoxam+lambda cialotrina (A e B) e cloridrato de cartape (C e D), nos experimentos I e II.



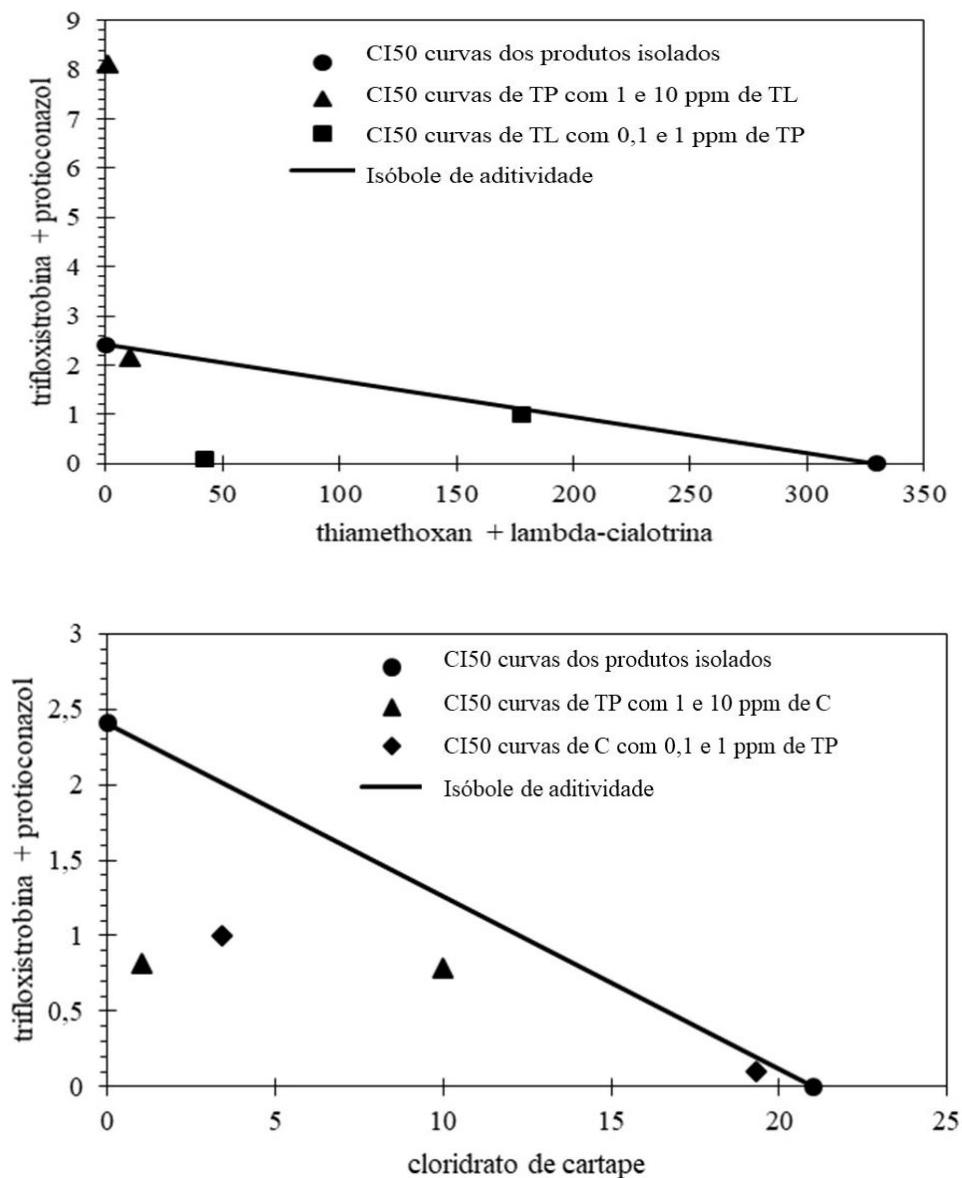
**Figura 5.** Curvas de dose-resposta para a variável eficiência de controle da germinação de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* submetidos a associação de fungicida e inseticidas, no experimento I (A) e II (B).



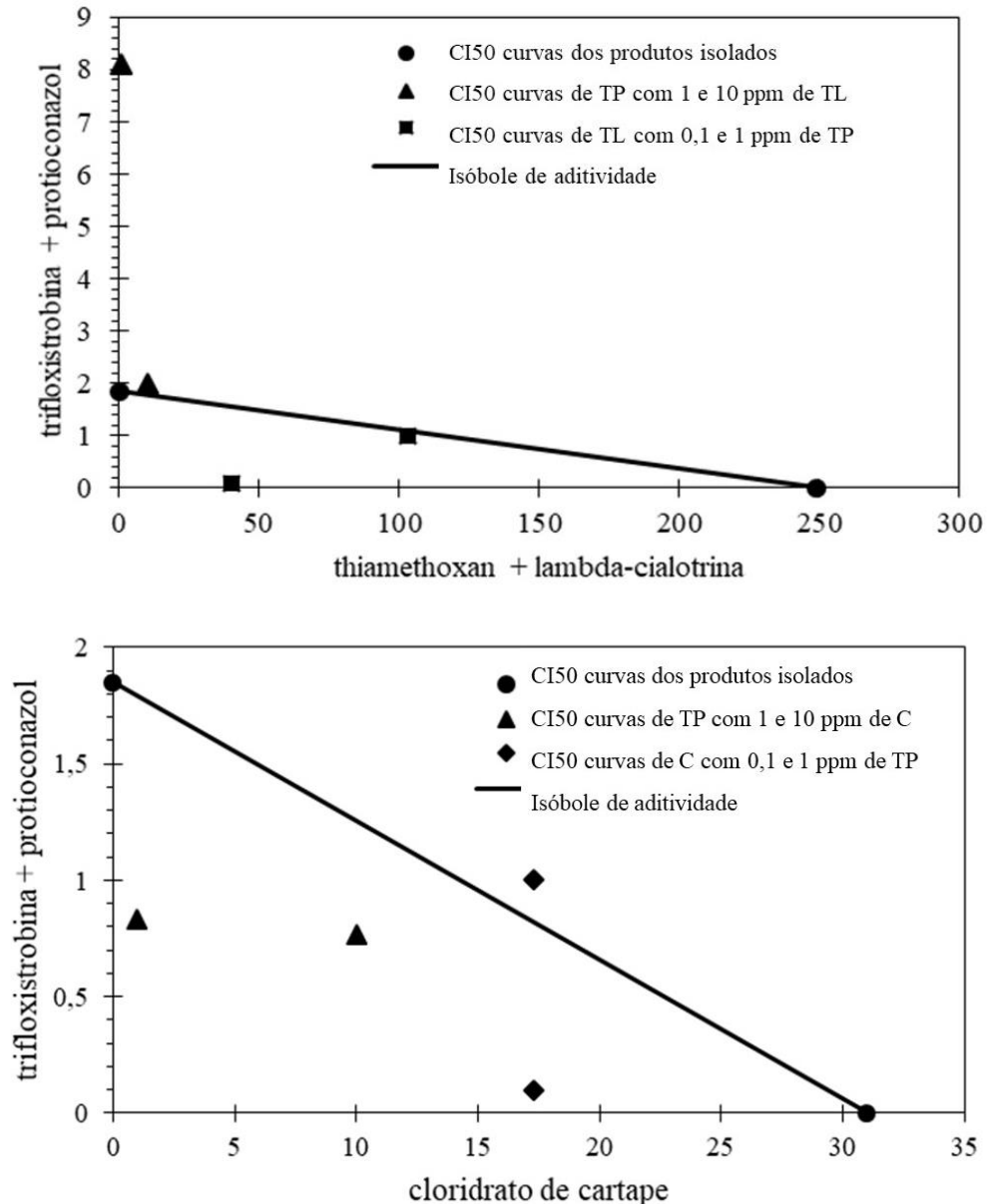
As concentrações inibitórias de 50% da população, dos produtos isolados ou em misturas, encontram-se nos isobogramas na Figura 6. As  $CI_{50}$  dos produtos isolados foram representadas por pontos em um eixo cartesiano, formando a linha de aditividade, ou isóbole de aditividade. As  $CI_{50}$  da associação dos produtos foram plotadas no gráfico, e a partir da posição em relação à linha de aditividade, é possível inferir sobre a interação. Quando as  $CI_{50}$  dos produtos em associação se posicionam abaixo da linha de aditividade, sugerem uma relação sinérgica entre os componentes da mistura, tendo sido reduzida a  $CI_{50}$  em relação aos produtos isolados. Caso os pontos se posicionem tocando a linha de aditividade, a interação é aditiva, onde não se observam diferenças entre as concentrações isoladas ou associadas. A interação antagônica pode ser observada quando os pontos se posicionam acima da linha de aditividade, isso sugere que a associação dos produtos implicou em maior concentração necessária para

inibir a germinação de 50% dos esporos. Os isobogramas para interação entre fungicida e inseticidas estão expostos nas Figuras 6 e 7.

**Figura 6.** Isobogramas com os valores da concentração necessária para obter 50% de inibição de germinação de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* submetidos ao inseticida thiamethoxam+lambda-cialotrina (TL) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP) isolados ou em associação e inseticida cloridrato de cartape (C) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP), isolados ou em associação. Dados do experimento I.



**Figura 7.** Isobogramas com os valores da concentração necessária para obter 50% de inibição de germinação de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* submetidos ao inseticida thiamethoxam+lambdas-cialotrina (TL) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP) isolados ou em associação e inseticida cloridrato de cartape (C) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP), isolados ou em associação. Dados do experimento II.



Com a adição de 1 ppm de thiamethoxam+lambdas-cialotrina ao fungicida trifloxistrobina + protioconazol foi necessária uma concentração maior para inibir a germinação de 50% dos esporos, tornando uma mistura antagônica em ambos experimentos (Figura 6 e 7). Já a adição de 10 ppm do inseticida ao fungicida, a interação observada foi de aditividade, sendo que os pontos tocam a isóbole. Por outro lado, a adição de 0,1 ppm de trifloxistrobina + protioconazol às concentrações de thiamethoxam + lambdas-cialotrina, reduziu a CI<sub>50</sub>, caracterizando um efeito sinérgico em ambos experimentos. Já a adição de 1 ppm do fungicida

apresentou interação aditiva. O mesmo foi observado por Kataria e Gisi (1990), onde o nível de sinergismo dependeu da proporção dos produtos na mistura.

A associação de 1 ou 10 ppm de cloridrato de cartape às concentrações de trifloxistrobina + protioconazol foram sinérgicas, diminuindo a concentração que inibiria 50% da germinação dos uredósporos de *P. pachyrhizi*. Da mesma forma, a adição de 0,1 ou 1 ppm de trifloxistrobina + protioconazol às concentrações de cloridrato de cartape contribuíram para menor CI<sub>50</sub>, embora no experimento II a adição de 1 ppm do fungicida apresentou interação antagônica.

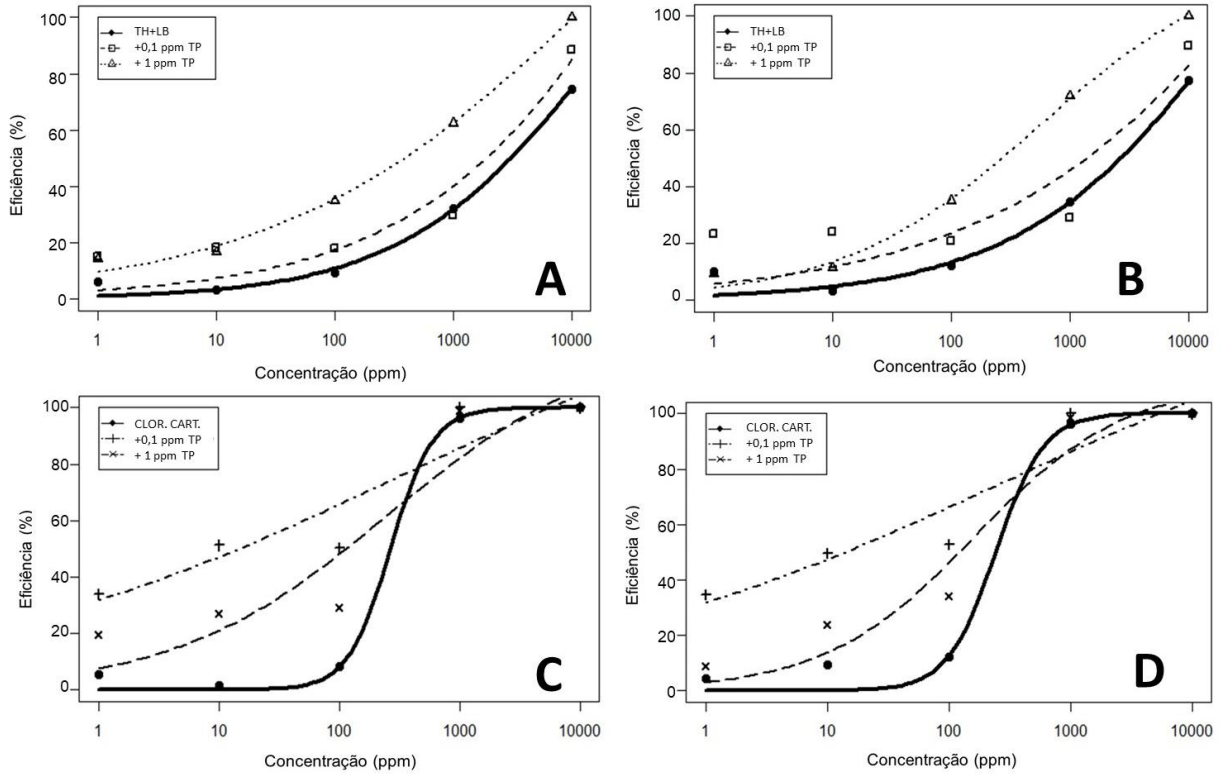
Kataria e Gisi (1990) estudaram o sinergismo entre o fungicida ciproconazol e quatro herbicidas: DNOC, dicamba, ioxynil e bromoxynil. O ciproconazol isolado apresentou alta atividade fungicida para isolados de *Rhizoctonia solani* e *Pseudocercospora herpotrichoides*, no entanto, quando associado a qualquer dos herbicidas testados, o controle foi efetivamente maior.

A incompatibilidade da associação entre dois produtos pode ser de natureza química ou física. A incompatibilidade química resulta da interação antagônica das moléculas, onde o controle observado pela mistura é menor do que dos produtos isolados. A incompatibilidade física está associada aos ingredientes inertes contidos nos produtos. As interações entre ingredientes inertes podem resultar na ocorrência de sobrenadante, precipitação ou floculação (PETTER et al., 2013).

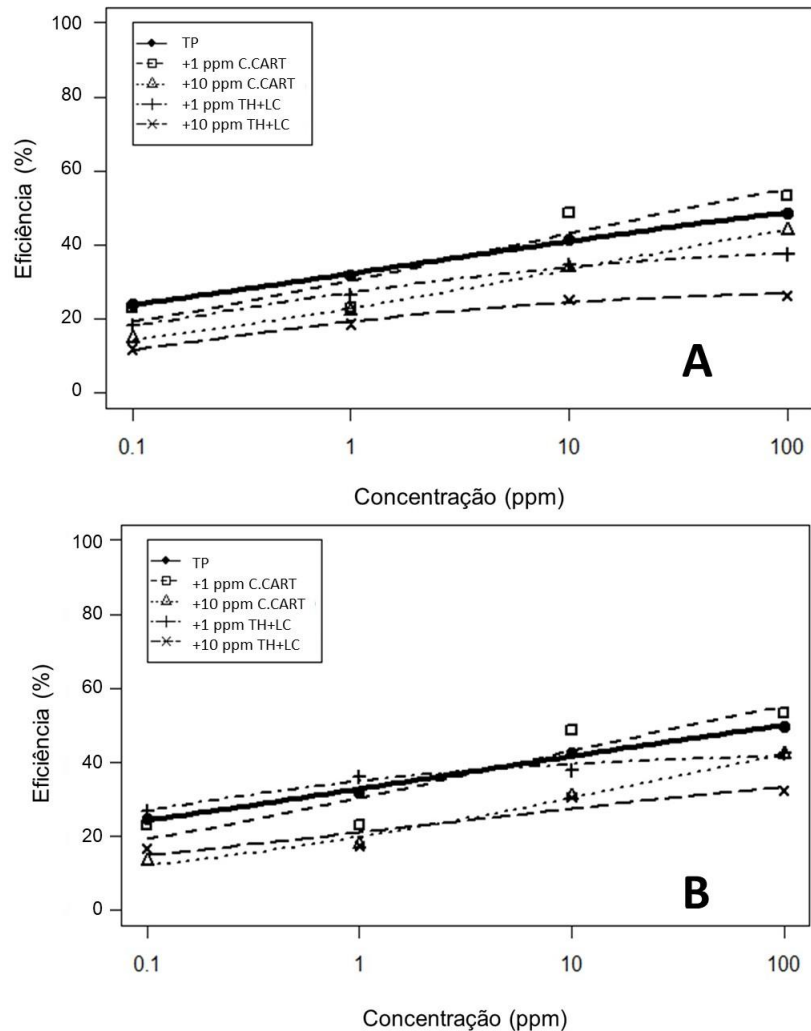
Analisando a compatibilidade física de inseticidas e fungicidas, Petter et al. (2013), observaram incompatibilidade física de grau 2 (separação depois de 1 minuto) a 3 (separação depois de 5 minutos) nas misturas de thiamethoxam + lambda-cialotrina formulação com os fungicidas piraclostrobina + epoxiconazole, carbendazim, flutriafol, azoxystrobina + ciproconazol e flutriafol + tiofanatometílico. Apenas a mistura thiamethoxam + lambda-cialotrina + trifloxistrobina + tebuconazole apresentou estabilidade perfeita da mistura.

Para a germinação de esporos de *C. cassicola*, observa-se diminuição no controle com a associação dos inseticidas às concentrações de trifloxistrobina + protioconazol, resultando em uma interação antagônica. No entanto, a mistura do fungicida às concentrações de thiamethoxam+lambda-cialotrina e cloridrato de cartape aumentaram o controle da germinação de esporos, conforme Figuras 8 e 9.

**Figura 8.** Curvas de dose-resposta para a variável eficiência de controle da germinação de esporos de *Corynespora cassiicola* submetidos a associação de fungicida e inseticidas thiamethoxam+lambda cialotrina (A e B) e cloridrato de cartape (C e D), nos experimentos I e II.

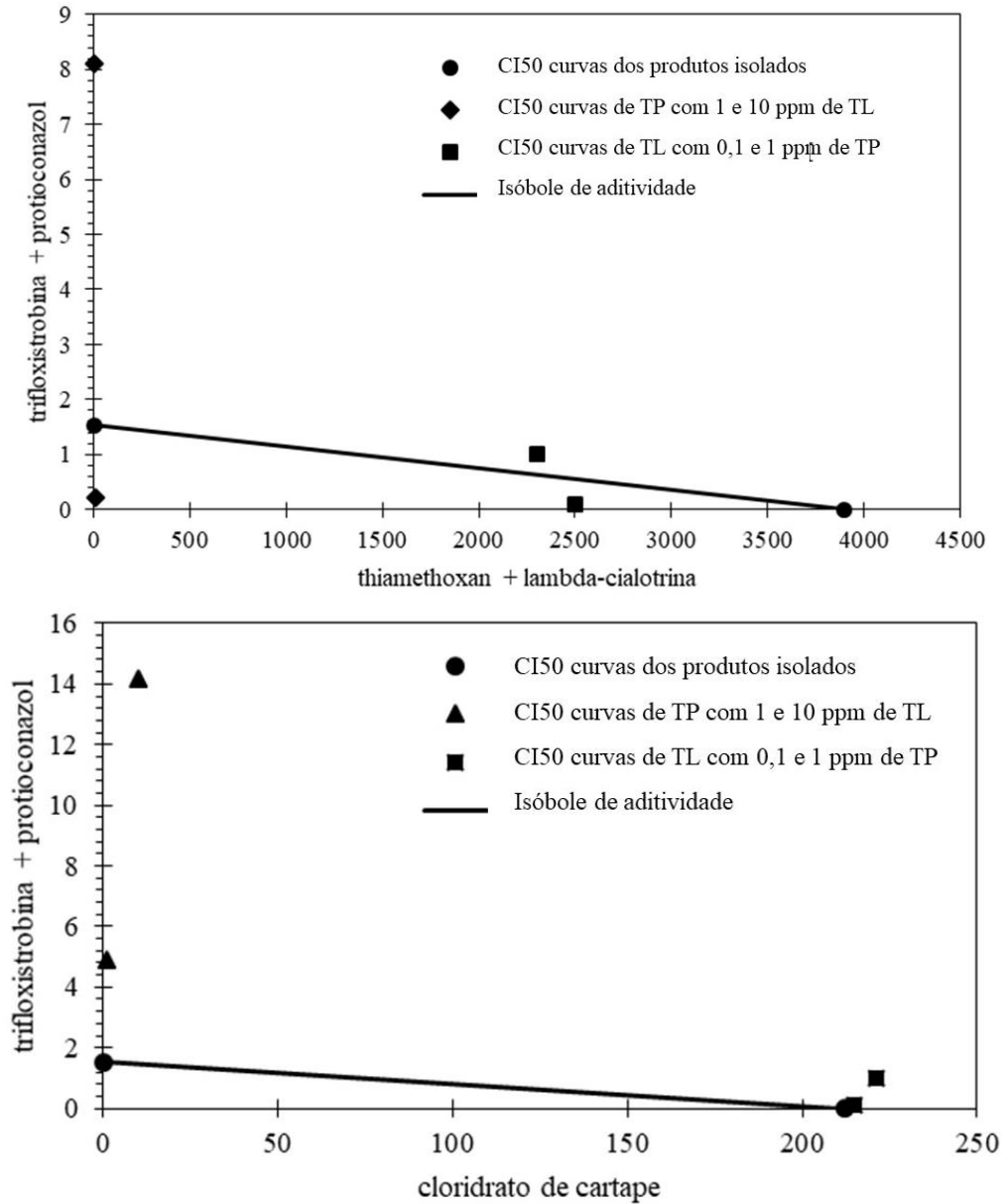


**Figura 9.** Curvas de dose-resposta para a variável eficiência de controle da germinação de esporos de *Corynespora cassiicola* submetidos a associação de fungicida e inseticidas, no experimento I (A) e II (B).

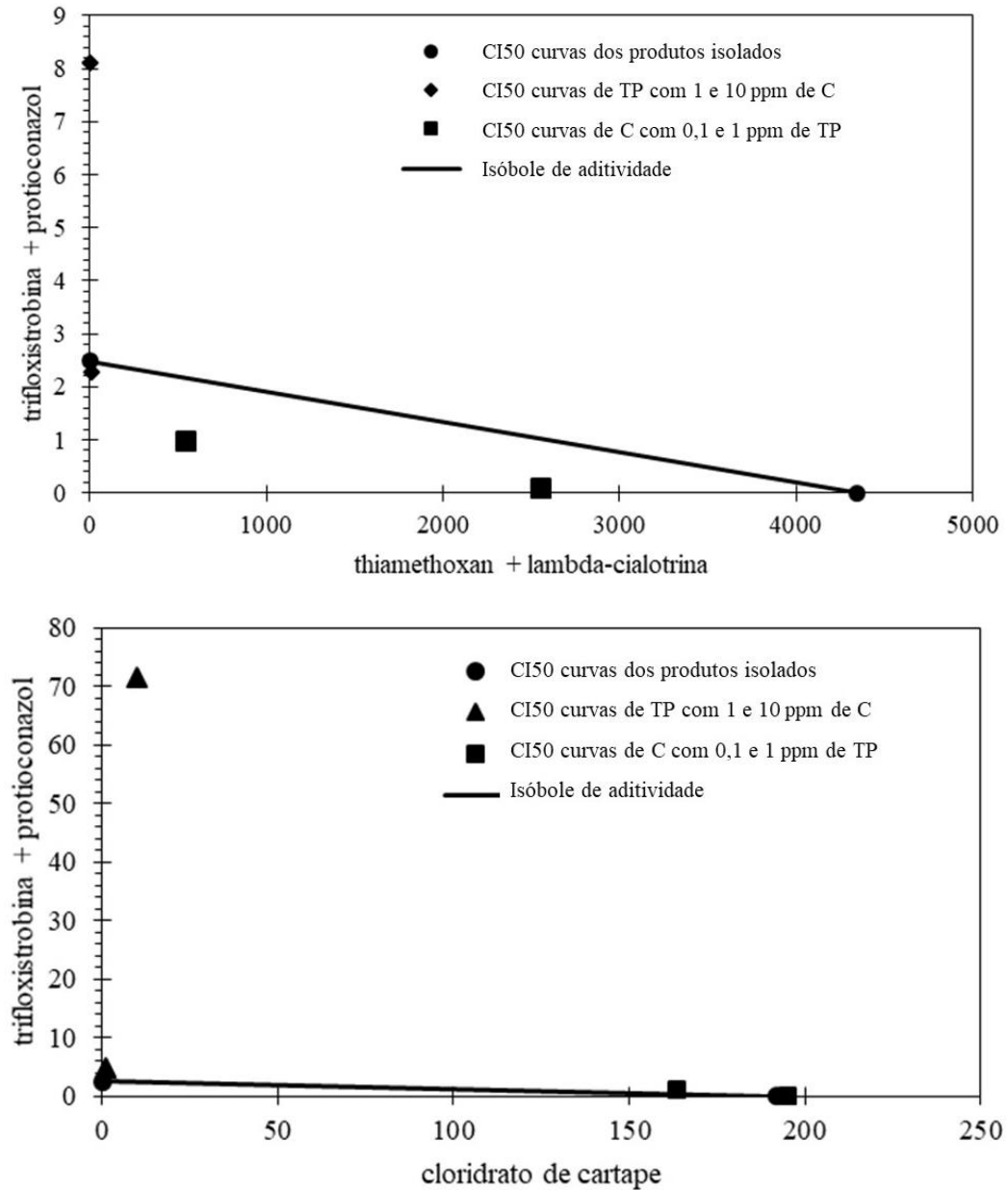


De acordo com os isoblogramas (Figuras 10 e 11), a associação de fungicida + 10 ppm de thiamethoxam+lambda-cialotrina apresentou interação sinérgica, diminuindo a  $CI_{50}$  para germinação de esporos de *C. cassiicola*, enquanto que a adição de 1 ppm do inseticida, mostrou-se antagônica. Para cloridrato de cartape, a adição de 1 ou 10 ppm tornou a interação antagônica para o experimento I, sendo observada interação aditiva no experimento II com a associação de 10 ppm de cloridrato de cartape.

**Figura 10.** Isobogramas com os valores da concentração necessária para obter 50% de inibição de germinação de esporos de *Corynespora cassicola* submetidos ao inseticida thiamethoxam+lambda-cialotrina (TL) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP) isolados ou em associação e inseticida cloridrato de cartape (C) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP), isolados ou em associação. Dados do experimento I.



**Figura 11.** Isobogramas com os valores da concentração necessária para obter 50% de inibição de germinação de esporos de *Corynespora cassiicola* submetidos ao inseticida thiamethoxam+lambd-cialotrina (TL) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP) isolados ou em associação e inseticida cloridrato de cartape (C) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (TP), isolados ou em associação. Dados do experimento II.



A adição de 0,1 ppm de trifloxistrobina + protioconazol às concentrações de thiamethoxam+lambd-cialotrina interagiram sinergicamente em ambos experimentos. Foi observada interação antagônica para 1 ppm do fungicida tanto em associação ao inseticida thiamethoxam+lambd-cialotrina quanto para cloridrato de cartape, para o experimento I (Figura 10). O incremento de 0,1 ppm do fungicida ao cloridrato de cartape tornou a interação aditiva em ambos experimentos.

A resposta da interação entre inseticidas e fungicida diferiu em relação a espécie do fungo analisado e a concentração dos produtos. Diversas são as combinações possíveis entre estas classes de produtos, visto a diversidade de ingredientes ativos e produtos formulados disponíveis no mercado. A interação entre tal associação necessita de estudos aprofundados, além de experimentos que representem a realidade encontrada em campos de produção.

### 3.5.2 Crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Cercospora kikuchii* e *Cercospora sojina* submetidos a herbicidas e inseticidas

O crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* foi afetado pela presença de herbicidas e inseticidas. No primeiro experimento, a adição de 10 ppm de herbicidas e do inseticida cloridrato de cartape foram igualmente eficientes (Tabela 7). Em contrapartida, thiamethoxam+lambda-cialotrina apresentaram as menores porcentagens de inibição. Atingindo inibição máxima aos 1000 ppm, o inseticida cloridrato de cartape foi superior aos demais produtos, semelhante apenas ao glifosato na concentração de 10.000 ppm.

**Tabela 11.** Porcentagem de inibição do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* submetido a herbicidas e inseticidas.

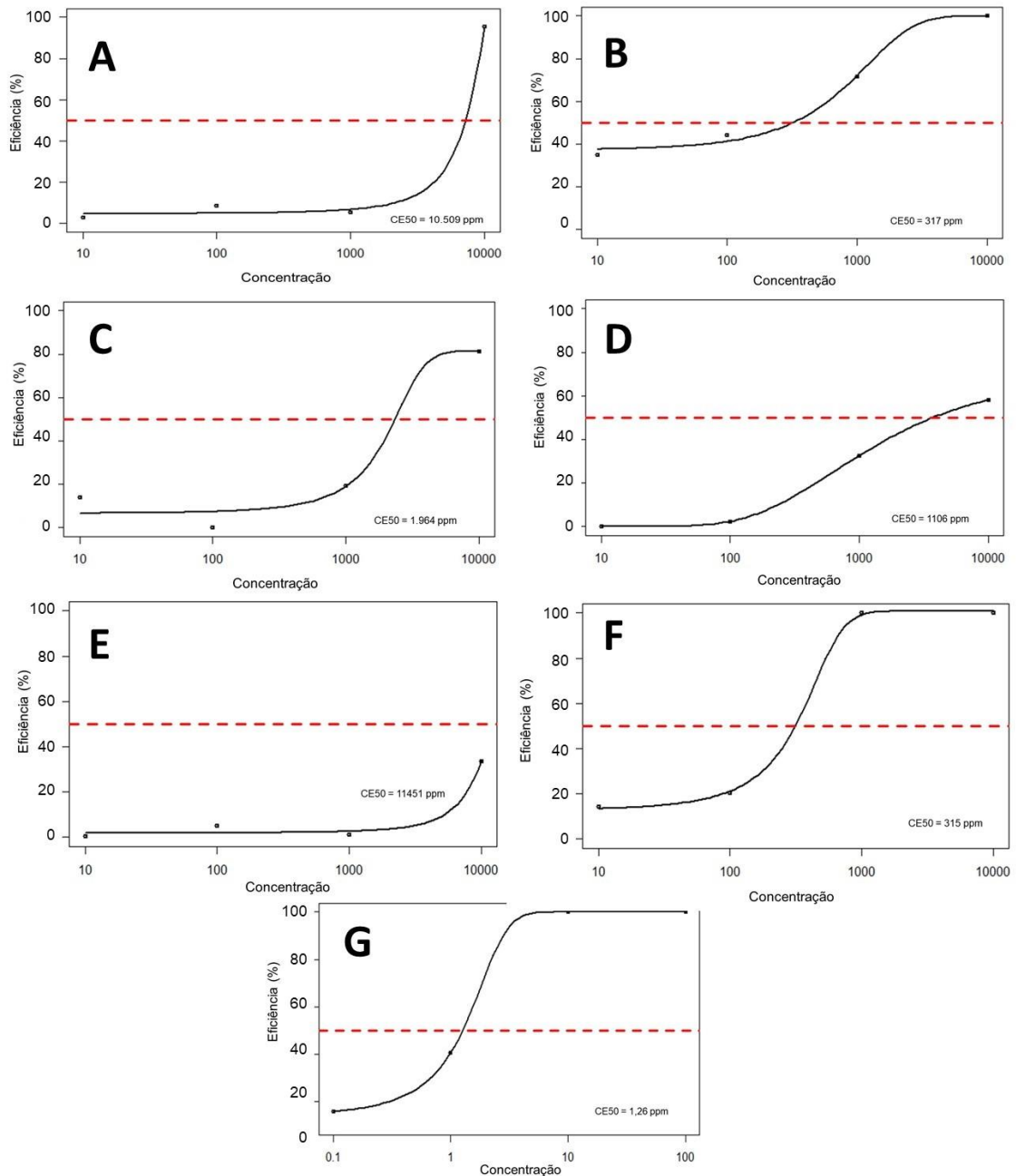
Exp I						
ppm	glifosato	dicamba	glufosinato	thiam+lamb	imid+bif	cartape
10	3 ABa	14 Ba	14 Ba	0 Aa	0,6 Aa	14 Ba
100	8 ABa	15 ABa	13 ABa	2 Aa	5 Aa	20 Ba
1000	5 Aa	28 Cb	19 Ba	32 Cb	1 Aa	100 Db
10000	95 Db	78 Cc	81 Cb	58 Bc	33 Ab	100 Db
CV (%)	17,79					
Exp II						
ppm	glifosato	dicamba	glufosinato	thiam+lamb	imid+bif	cartape
10	7 ABa	11 BCa	42 Da	6 ABa	0 Aa	20 Ca
100	14 Cab	15 BCa	44 Da	0 Aa	5 ABa	23 Ca
1000	16 Bb	18 Ba	74 Db	34 Cb	0 Aa	100 Eb
10000	94 Cc	83 Bb	100 Cc	57 Ac	54 Ab	100 Cb
CV (%)	14,09					

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O comportamento de cloridrato de cartape em ambos experimentos foi semelhante, atingindo a inibição máxima com 1000 ppm. Em contrapartida, o inseticida imidacloprido+bifentrina apenas apresentou inibição significativa com a máxima concentração, ainda assim, inferior aos herbicidas e inseticida cloridrato de cartape.

De acordo com Lehner et al. (2014), o herbicida glifosato inibiu o crescimento micelial de *S. sclerotiorum* em 84% na concentração de 1000 mg. L<sup>-1</sup>. A inibição também foi constatada pelo herbicida bentazon, que na concentração de 1000 mg. L<sup>-1</sup> reduziu o crescimento em 87%. Os autores citam que a aplicação de glifosato em locais com cultivo de plantio direto pode influenciar negativamente fungos que sobrevivem em restos de cultura ou estejam presentes no solo.

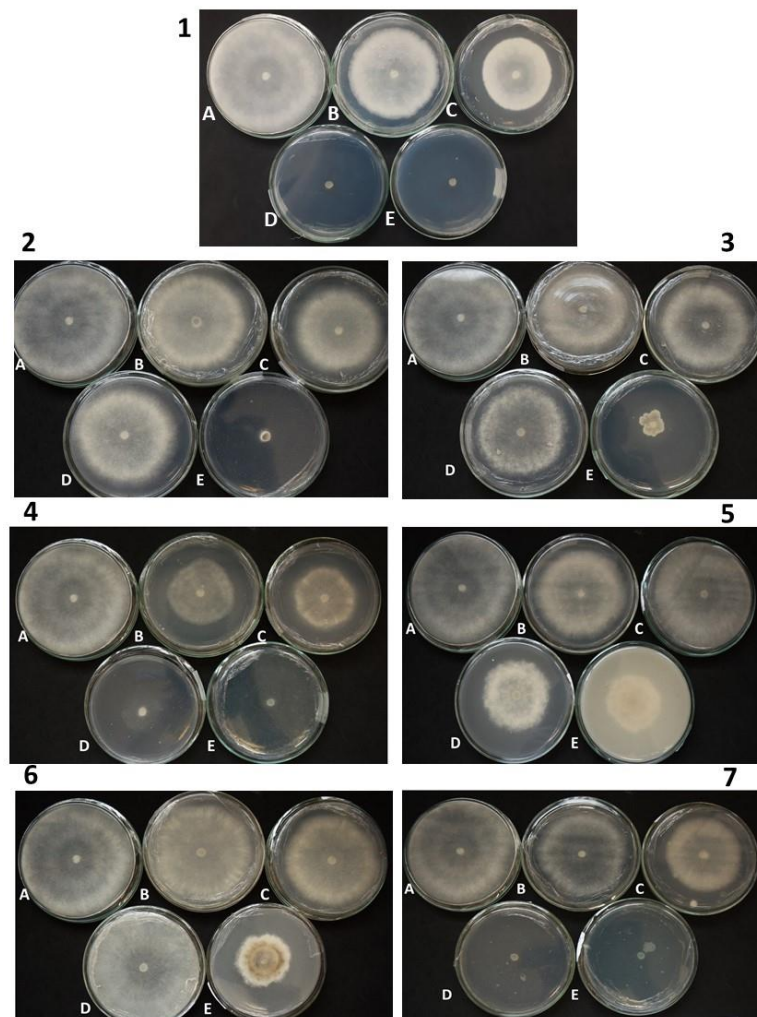
**Figura 12.** Curva de eficiência de controle do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* submetido a concentrações dos herbicidas glifosato (A), glufosinato de amônio (B) e dicamba (C), inseticidas thiamethoxam + lambda-cialotrina (D), imidacloprido + bifentrina (E), cloridrato de cartape (F) e fungicida trifloxistrobina + protriocanazol (G).



Se por um lado há relatos de inibição *in vitro* do patógeno pelo uso de glifosato, Nelson, Renner e Hammerschmidt (2002) constataram maior incidência de podridão do caule em soja causada por *S. sclerotiorum* nos tratamentos com aplicação de glifosato. Os autores observaram que aplicações de glifosato nas cultivares P93B01 (GR) e GL2600 (GR) proporcionaram maiores severidades.

Ao avaliar a influência de aplicações de herbicidas no desenvolvimento da soja, Nelson, Renner e Hammerschmidt (2002) observaram que aplicações do herbicida lactofen diminuiu a incidência da doença causada por *S. clerotiorum*, além de reduzir o diâmetro da lesão. Em contrapartida, aplicações de thifensulfuron aumentaram a ocorrência de podridão do caule causada pelo patógeno. Em estudo semelhante, Dann, Diers e Hammerschmidt (1999) notaram severidade significativamente menor com aplicações de 0,04; 0,07; 0,11 e 0,23 kg. ha<sup>-1</sup> de lactofen. No presente trabalho, a inibição do crescimento micelial causada por herbicidas e inseticidas pode ser observada na Figura 13.

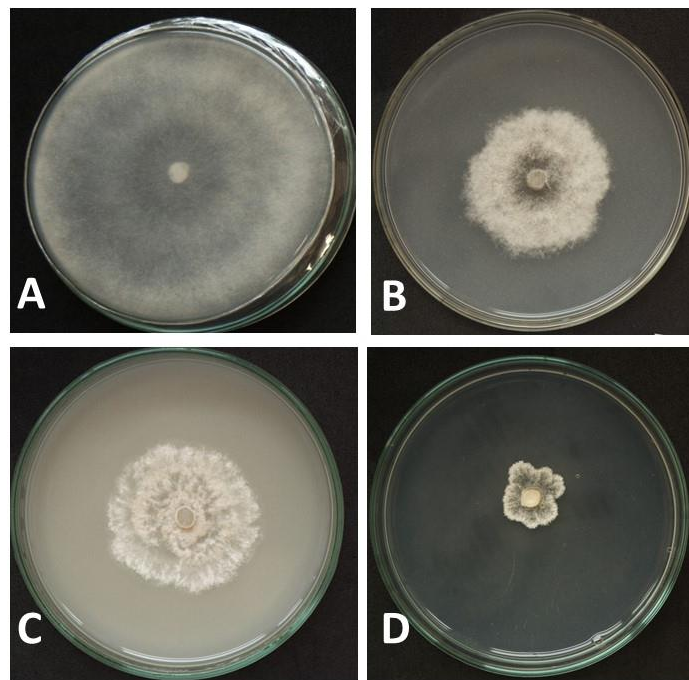
**Figura 13.** Inibição do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* submetido a concentrações do fungicida trifloxistrobina + prothioconazol (1) nas concentrações 0,1 (A), 1 (B), 10 (C) e 100 (D) ppm, herbicidas glifosato (2), dicamba (3) e glufosinato de amônio (4), inseticidas thiamethoxam + lambda-cialotrina (5), imidacloprido + bifentrina (6), cloridrato de cartape (7) nas concentrações de 0, 10, 100, 1000 e 10000 ppm (A, B, C, D e E, respectivamente).



Garcia, Juliatti e Barbosa (2013) não verificaram inibição do crescimento micelial de *S. sclerotiorum* submetido a 100 µg i.a. mL<sup>-1</sup> de glifosato, no entanto, a adição da mesma dose de clorimuron-etílico no meio de cultura inibiu em 84,1% o crescimento vegetativo do fungo.

Além da inibição do crescimento micelial de *S. sclerotiorum*, notaram-se modificações nas características do isolado fúngico, conforme Figura 14. Dentre as observações, a mudança para aspecto cotonoso e coloração bege quando submetido ao inseticida imidacloprido + bifentrina (Figura 13.6.E). Com adição do inseticida thiamethoxam + lambda-cialotrina, a coloração passou de branca para bege claro, além de crescimento desuniforme da colônia. O mesmo foi observado para o herbicida dicamba, onde as bordas da colônia apresentaram-se irregulares.

**Figura 14.** Crescimento micelial testemunha de *Sclerotinia sclerotiorum* (A) e variações morfológicas do fungo submetido a concentração de 10000 ppm dos inseticidas imidacloprido + bifentrina (B) e thiamethoxam + lambda-cialotrina (C) e herbicida dicamba (D).



Na literatura, a inibição do crescimento micelial causada por inseticidas é relatada por Barbosa, Moreira e Silva (1986) no fungo entomopatogênico *Nomuraea rileyi*. Utilizado no controle biológico da lagarta-da-maçã (*Heliothis virescens*), o fungo apresentou efeitos deletérios e reduzido crescimento quando associado aos inseticidas malathion, methyl parathion e monocrotophos, mesmo em concentrações baixas. No mesmo trabalho, os autores

não observaram inibição no crescimento pelos herbicidas alachlor, trifluralina e pendimethalin.

São escassos os estudos que demonstram a ação de herbicidas sobre os fungos *Cercospora sojina* e *Cercospora kikuchii*. De acordo com a Tabela 8, o herbicida glufosinato de amônio foi responsável pela maior inibição de *C. sojina* a 10 ppm, superior aos demais produtos. O inseticida cloridrato de cartape inibiu 54% do crescimento micelial na concentração de 10 ppm, atingindo 100% de inibição nas concentrações subsequentes e ultrapassando o glufosinato de amônio.

**Tabela 12.** Porcentagem de inibição do crescimento micelial de *Cercospora sojina* submetido a herbicidas e inseticidas.

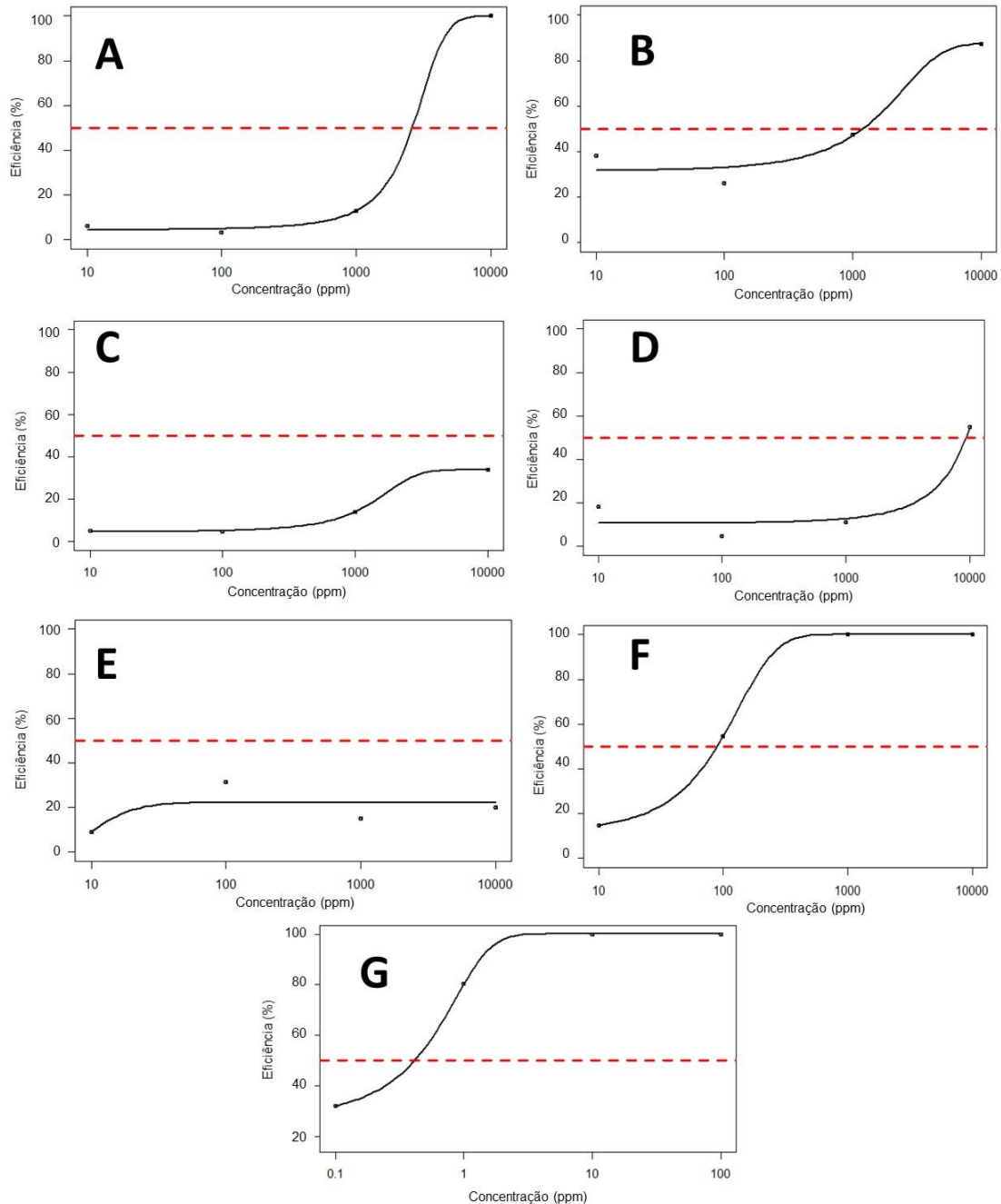
ppm	Exp I					
	glifosato	dicamba	glufosinato	thiam+lamb	imid+bif	cartape
10	5 Aa	2 Aa	40 Bb	6 Aa	7 Aa	13 Aa
100	2 Aa	3 Aa	25 Ba	2 Aa	13 ABab	54 Cb
1000	11 Aa	10 Aa	46 Bb	10 Aa	18 Ab	100 Cc
10000	100 Eb	36 Bb	87 Dc	61 Cb	20 Ab	100 Ec
CV (%)	19,15					
ppm	Exp II					
	glifosato	dicamba	glufosinato	thiam+lamb	imid+bif	cartape
10	4 Aa	9 ABa	42 Ca	10 ABa	14 Ba	9 ABa
100	5 Aa	12 ABa	36 Ca	16 Ba	11 ABa	49 Db
1000	16 Ab	12 Aa	51 Bb	17 Aa	11 Aa	100 Cc
10000	100 Dc	43 Bb	90 Dc	59 Ca	13 Aa	100 Dc
CV (%)	15,44					

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

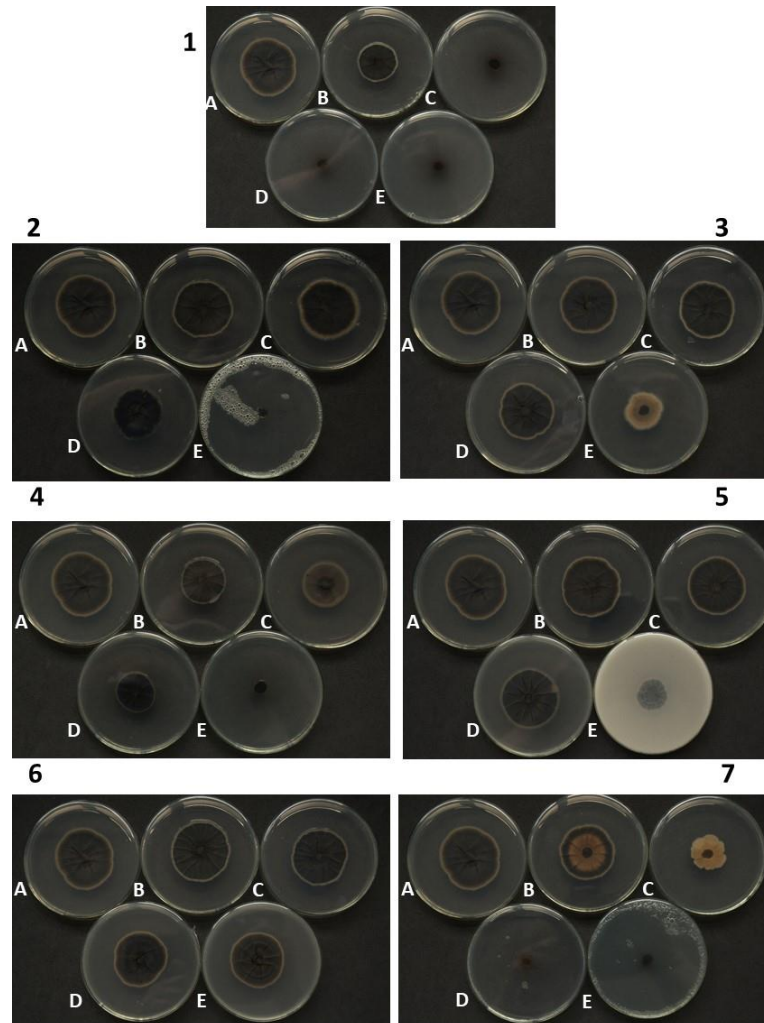
Ávila e Mello (2006) estudaram a influência de herbicidas, fungicidas e inseticida no crescimento micelial de *Cercospora caricis*, fitopatógeno com potencial de controle biológico de tiririca (*Cyperus rotundus* L.). Os autores observaram a inibição do crescimento micelial do patógeno nos tratamentos com 100 µg/mL e 1000µg/mL do fungicida benomyl e cerconil, além de inseticida e acaricida metil demetom. A inibição pelos herbicidas oxyfluorfen, chlorimuron-ethyl e glifosato foi observada apenas na concentração de 1.000 µg/mL.

Mesmo nas maiores concentrações, o inseticida imidacloprido + bifentrina não atingiu o máximo da inibição do crescimento micelial, podendo ser observado nas Figuras 15.E e 16.6.E. O mesmo pode ser observado para o herbicida dicamba e inseticida thiamethoxam+lambda-cialotrina, que apresentaram inibição máxima de 36 e 43 e 61 e 59%, respectivamente nos experimentos realizados.

**Figura 15.** Curva de eficiência de controle do crescimento micelial de *Cercospora sojina* submetido a concentrações dos herbicidas glifosato (A), glufosinato de amônio (B) e dicamba (C), inseticidas thiamethoxam + lambda-cialotrina (D), imidacloprido + bifentrina (E), cloridrato de cartape (F) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (G).

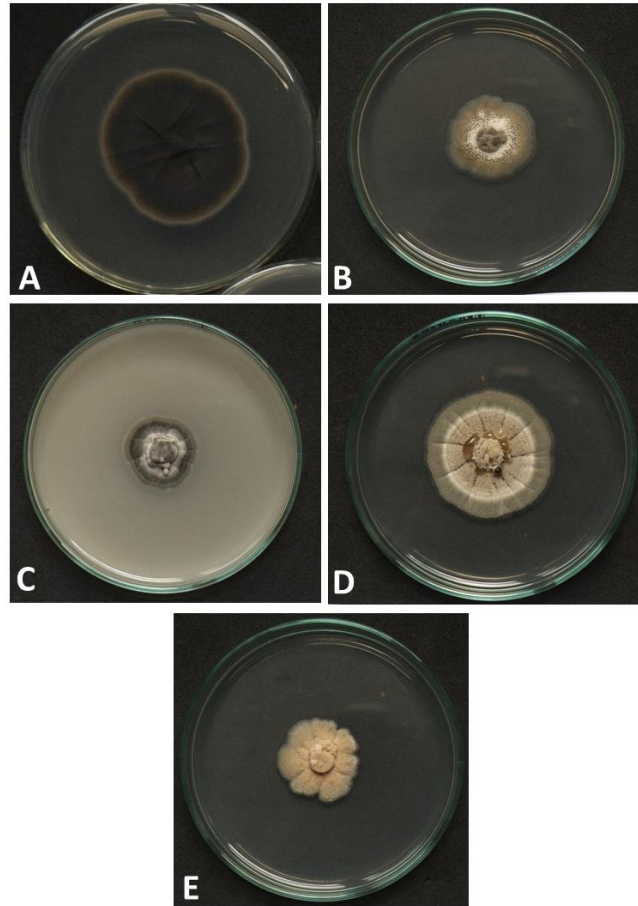


**Figura 16.** Inibição do crescimento micelial de *Cercospora sojina* submetido a concentrações do fungicida trifloxistrobina + protioconazol (1) nas concentrações 0,1 (A), 1 (B), 10 (C) e 100 (D) ppm, herbicidas glifosato (2), dicamba (3) e glufosinato de amônio (4), inseticidas thiamethoxam + lambda-cialotrina (5), imidacloprido + bifentrina (6), cloridrato de cartape (7) nas concentrações de 0, 10, 100, 1000 e 10000 ppm (A, B, C, D e E, respectivamente).



Assim como observado para *S. sclerotiorum*, características morfológicas da colônia de *C. sojina* sofreram alterações pela exposição aos produtos avaliados. De acordo com a Figura 17, as colônias apresentaram mudanças na coloração e aspecto morfológico. Quando submetido ao herbicida dicamba, a colônia apresentou coloração mais clara e com aspecto coriáceo. O inseticida cloridrato de cartape provocou modificações já na concentração de 10 ppm, tanto na coloração mais clara, quanto na presença de exsudações. Na concentração de 100 ppm, a coloração variou de rosa a bege claro, além do aspecto coriáceo da colônia.

**Figura 17.** Crescimento micelial testemunha de *Cercospora sojina* (A) e variações morfológicas do fungo submetido a concentração de 10000 ppm do herbicida dicamba (B) e inseticida thiamethoxan + lambda-cialotrina (C) e cloridrato de cartape nas concentrações de 10 ppm (D) e 100 ppm (E).



Para *Cercospora kikuchii*, o herbicida glifosato teve a menor inibição dentre os herbicidas e inseticidas nas menores concentrações, atingindo 66 e 58% de inibição na concentração de 10000 ppm, nos experimentos I e II respectivamente. Dentre os herbicidas, o dicamba apresentou maior redução no crescimento da colônia de *C. kikuchii* com 10 ppm, entretanto, demonstrando baixa resposta com aumento da concentração. Fato contrário ao observado para o glufosinato, que superou a redução causada por dicamba nas doses subsequentes, conforme Tabela 9.

**Tabela 13.** Porcentagem de inibição do crescimento micelial de *Cercospora kikuchii* submetido a herbicidas e inseticidas.

ppm	Exp I					
	glifosato	dicamba	glufosinato	thiam+lamb	imid+bif	cartape
10	13 ABa	27 Ca	21 BCa	2 Aa	27 Ca	21 BCa
100	13 Aa	18 ABa	20 ABa	9 Aa	27 Ca	14 Aa
1000	30 ABb	19 Aa	38 Bb	24 Ab	27 ABa	59 Cb
10000	66 Cc	44 Bb	73 Cc	49 Bc	32 Aa	100 Db
CV (%)	19,92					
ppm	Exp II					
	glifosato	dicamba	glufosinato	thiam+lamb	imid+bif	cartape
10	2 Aa	20 Ca	16 Ca	10 Ba	18 Ca	16 Ca
100	12 Ab	16 Aa	21 Ba	12 Aa	25 Bb	14 Aa
1000	18 Ac	18 Aa	43 Cb	23 ABb	24 Bb	59 Db
10000	58 Bd	39 Ab	76 Cc	61 Bc	38 Ac	100 Dc
CV (%)	10,07					

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apesar da ação em fungos fitopatogênicos constatada no presente trabalho, o uso de herbicidas estende seu impacto também em microrganismos utilizados no controle biológico. Segundo Reis et al. (2013), o crescimento micelial e esporulação de *Trichoderma* spp. foi reduzido em 85% pela ação de thiobencarb+propanil. O herbicida oxadiazon apresentou variabilidade nos resultados em função dos isolados utilizados, variando desde 66,35 até 16% de inibição, inclusive não alterando o crescimento de um dos isolados. Botelho e Monteiro (2011) verificaram que o crescimento micelial de *Beauveria bassiana* foi afetado pelo herbicida imazapir, estendendo sua ação também à viabilidade de esporos produzidos. Glifosato, diuron e hexazinone+diuron inibiram o crescimento micelial, a produção e a viabilidade dos esporos produzidos pelo fungo.

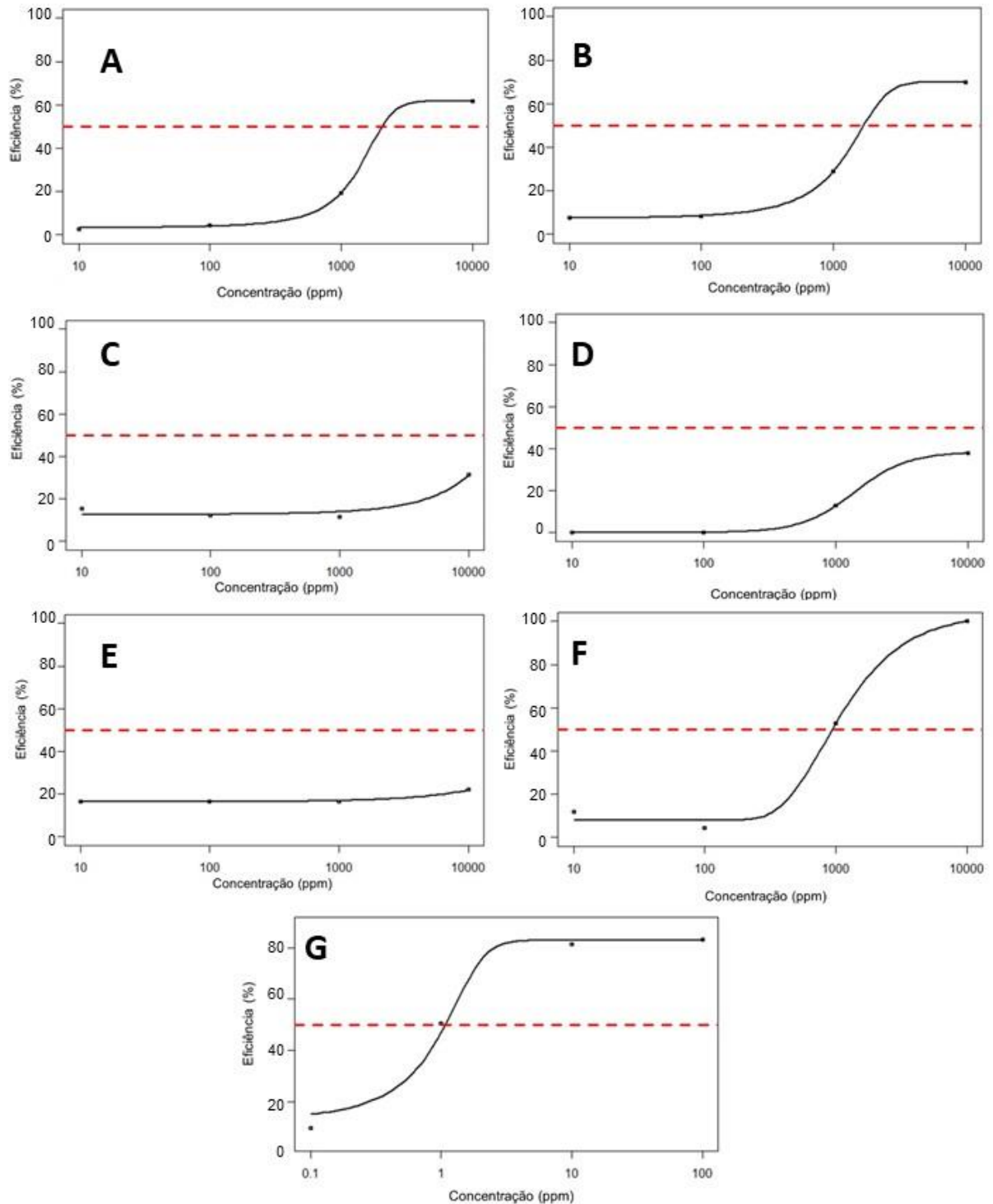
De acordo com Maly et al. (2006), herbicidas podem atuar na síntese de aminoácidos, ou causar inibição de vias metabólicas dos fungos promovendo o acúmulo de substâncias como, por exemplo, ácidos orgânicos (Macedo et al., 1996). Entretanto, os mecanismos de inibição de microrganismos pelos herbicidas são ainda pouco conhecidos.

Na cultura da cana-de-açúcar comumente utilizam-se fungos entomopatogênicos para o controle de pragas. Entendendo que a ação de herbicidas, inseticidas e maturadores utilizados podem comprometer a ação de fungos como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, Botelho e Monteiro (2011) verificaram que o inseticida thiamethoxan não reduziu o crescimento micelial e a germinação de esporos de *B. bassiana* e *M. anisopliae*,

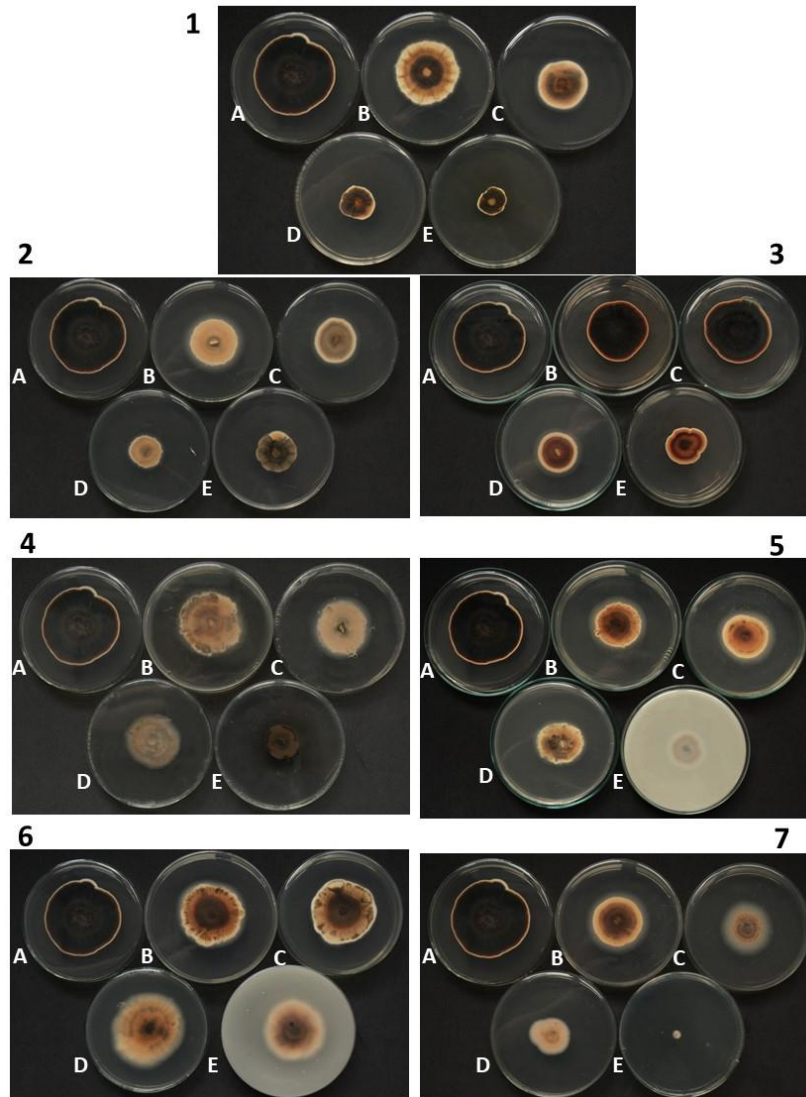
entretanto observaram pequeno efeito na esporulação do primeiro fungo. Dentre os inseticidas testados, destacaram a ação antagônica de fipronil para ambos fungos, reduzindo o crescimento micelial de *B. bassiana* em 80%, afetando a produção e viabilidade de esporos produzidos. Em trabalho semelhante, Tavarares et al. (1998) relatam a inibição do crescimento micelial de *Trichoderma viride* e *T. harzianum* por inseticidas deltametrina, trichlorfon, carbaryl e acefato e herbicidas pendimethalin e oxadiazon, além de inibição de 100% pelo herbicida paraquat.

A menor inibição foi causada pela adição de 10 ppm do inseticida thiamethoxam+lambdacyalotrina. O fungo *C. kikuchii* apresentou maior sensibilidade ao inseticida imidacloprido+bifentrina, inibindo em média 27% já nas primeiras concentrações testadas, entretanto, não tendo incremento na inibição com o aumento destas, tornando-se inferior ao thiamethoxam+lambdacyalotrina na concentração de 10000 ppm. Semelhante ao imidacloprido + bifentrina, o inseticida cloridrato de cartape reduziu o crescimento vegetativo de *C. kikuchii* em 21% na primeira concentração. É visível o aumento da inibição em função do incremento da concentração do produto, além de ser o único que apresentou inibição total com 10000 ppm. A resposta do aumento de concentrações está ilustrada nas Figuras 18 e 19.

**Figura 18.** Curva de eficiência de controle do crescimento micelial de *Cercospora kikuchii* submetido a concentrações dos herbicidas glifosato (A), glufosinato de amônio (B) e dicamba (C), inseticidas thiamethoxam + lambda-cialotrina (D), imidacloprido + bifentrina (E), cloridrato de cartape (F) e fungicida trifloxistrobina + protioconazol (G).

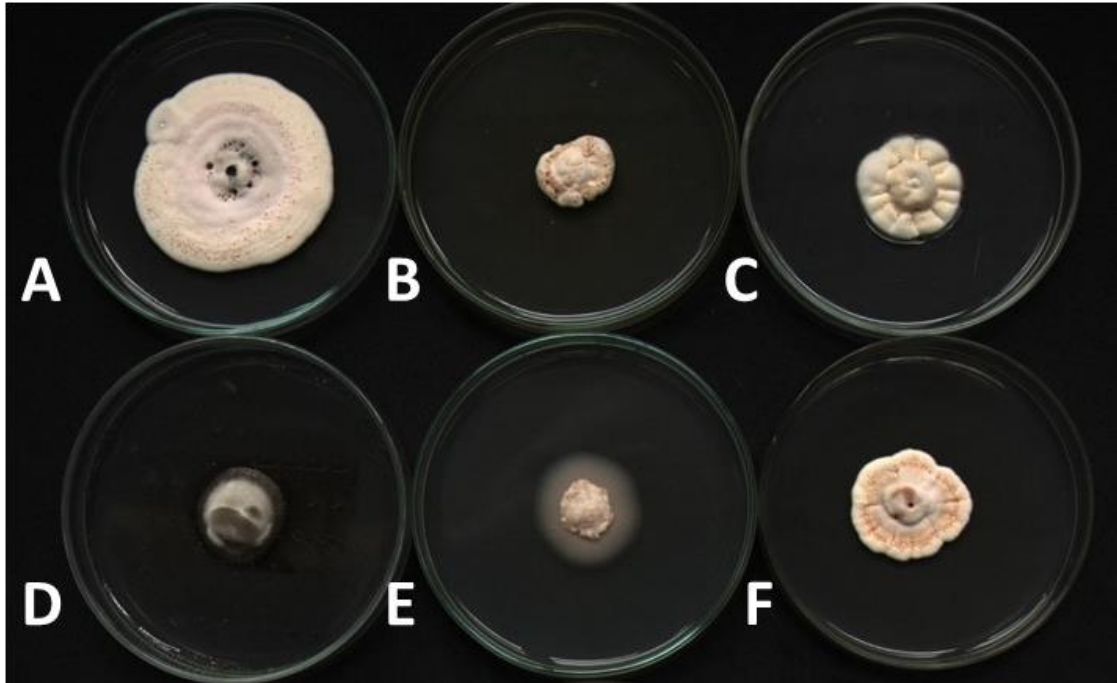


**Figura 19.** Inibição do crescimento micelial de *Cercospora kikuchii* submetido a concentrações do fungicida trifloxistrobina + protioconazol (1) nas concentrações 0,1 (A), 1 (B), 10 (C) e 100 (D) ppm, herbicidas glifosato (2), dicamba (3) e glufosinato de amônio (4), inseticidas thiamethoxam + lambda-cialotrina (5), imidacloprido + bifentrina (6), cloridrato de cartape (7) nas concentrações de 0, 10, 100, 1000 e 10000 ppm (A, B, C, D e E, respectivamente).



Na Figura 20, observam-se modificações na colônia fúngica de *C. kikuchii*. Na concentração de 100 ppm do fungicida houve crescimento anormal do isolado. Quando submetido a 10000 ppm de glufosinato de amônio, as colônias apresentaram coloração escura e aspecto coriáceo. As mudanças no aspecto da colônia foram observadas também com o inseticida cloridrato de cartape, que se mostrou coriácea na concentração de 1000 ppm.

**Figura 20.** Crescimento micelial testemunha de *Cercospora kikuchii* (A) e variações morfológicas do fungo submetido a concentração de 100 ppm do fungicida trifloxistrobina + protioconazol (B), e 10000 ppm de glifosato (C), glufosinato de amônio (D), 1000 de cloridrato de cartape (E), 10000 ppm de dicamba (F).



O crescimento micelial de *S. sclerotiorum* e *C. sojina* foram completamente inibidos com a concentração de 10 ppm do fungicida trifloxistrobina + protioconazol. Por outro lado, o crescimento de *C. kikuchii*, embora tenha sido afetado, não atingiu a inibição total mesmo com a concentração de 100 ppm do fungicida, conforme exposto na Tabela 10.

**Tabela 14.** Porcentagem de inibição do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Cercospora sojina* e *Cercospora kikuchii* submetidos a diferentes concentrações do fungicida trifloxistrobina+protioconazol.

Exp I			
ppm	<i>S. sclerotiorum</i>	<i>C. sojina</i>	<i>C. kikuchii</i>
0,1	16 a	31 a	22 a
1	40 b	80 b	57 b
10	100 c	100 c	84 c
100	100 c	100 c	85 c
CV (%)	5,32	6,54	5,94
Exp II			
ppm	<i>S. sclerotiorum</i>	<i>C. sojina</i>	<i>C. kikuchii</i>
0,1	30 a	38 a	8,2 a
1	44 b	87 b	42 b
10	100 c	100 c	74 c
100	100 c	100 c	81 d
CV (%)	9,27	3,54	5,91

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Enquanto que para *S. sclerotiorum* a inibição de 50% do crescimento micelial foi atingida com 63 e 60 mg. L<sup>-1</sup> do ingrediente ativo glufosinato de amônio, para *C. sojina* foram estimados 159 e 211 mg. L<sup>-1</sup> e para *C. kikuchii* 238 e 186 mg. L<sup>-1</sup> do ingrediente ativo (Tabela 11).

**Tabela 15.** Concentrações (ppm) responsáveis pela inibição de 50% do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Cercospora sojina* e *Cercospora kikuchii* submetidos a fungicida, herbicidas e inseticidas.

	CI <sub>50</sub>					
	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		<i>Cercospora sojina</i>		<i>Cercospora kikuchii</i>	
	Exp I	Exp II	Exp I	Exp II	Exp I	Exp II
trif+protio	1,2	1,48	0,41	0,37	0,86	1,15
glifosato	9 509	9 574	2614	4311	1364	1260
glufosinato	317	304	795	1 055	1190	932
dicamba	1964	3855	1221	1 353	>10000	>10000
imid+bif	>10000	>10000	7 533	>10000	>10000	>10000
thi+lbdc	1106	913	14 712	2364	1375	1732
cartape	315	249	89	114	1 069	585

Em termos práticos, o inseticida imidacloprido+bifentrina pode não exercer efeitos em fitopatógenos, visto a necessidade de doses elevadas, contrastando com doses aplicadas para o controle de insetos. No entanto, o inseticida cloridrato de cartape inibiu 50 % do crescimento micelial de *S. sclerotiorum* com 157 e 124 mg. L<sup>-1</sup> do ingrediente ativo e 44 e 57 mg. L<sup>-1</sup> para *C. sojina*, contrastando com 534 e 292 mg. L<sup>-1</sup> necessários para inibir 50% do crescimento micelial de *C. kikuchii*.

### 3.5.3 Germinação carpogênica de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* submetidos a herbicidas

A redução no número de estipes em escleródios submetidos ao herbicida dicamba foi observada apenas aos 50 dias de incubação, na concentração de 10000 ppm (Tabela 12). O número de apotécios foi reduzido sob concentração máxima a partir dos 30 dias de incubação.

A dinâmica da produção de estipes e apotécios foi alterada pela aplicação de herbicidas. Nota-se que, para o tratamento controle, a produção de estipes decresce enquanto a produção de apotécio aumenta com o passar dos dias de incubação (Tabela 12 e Figura 21.1). Isso se deve a diferenciação das estipes em apotécios. No entanto, para o glifosato, o número de estipes é maior que o número de apotécios em todas concentrações testadas, mantendo-se até os 50 dias. De acordo com a Tabela 12, aos 50 dias o número de estipes em escleródios submetidos as concentrações de 100, 1000 e 10000 ppm de glifosato é superior ao da testemunha, enquanto que o número de apotécios é inferior. O mesmo foi observado para os herbicidas glufosinato de amônio e dicamba nas maiores concentrações.

As respostas da interação entre herbicidas e germinação de escleródios de *S. sclerotiorum* são variáveis. Enquanto que Radke e Grau (1986) relataram o aumento no número de estipes quando submetidos aos herbicidas trifluralina e pendimetalin, Teo, Verma e Morral (1992) observaram a diminuição da germinação de escleródios submetidos a trifluralina. Os autores citam não saber o porquê um composto capaz de inibir a mitose estimulou processos que envolvem divisão e alongamento celular.

Casale e Hart (1986) observaram que escleródios submetidos a altas concentrações do herbicida metribuzin no solo estimularam a germinação miceliogênica, produzindo novos escleródios. Os autores levantaram a hipótese de que o herbicida metribuzin pode suprimir microrganismos antagonistas, permitindo o fungo *Sclerotinia sclerotiorum* utilizar o solo como fonte de nutrientes.

Em experimento realizado a campo, Arruda (2014) observou menor incidência de mofo branco nos tratamentos com os herbicidas lactofen e bentazon, além de fosfito, sendo superiores ao tratamento com fungicida fluazinam. A severidade da doença apresentou os mesmos resultados, sendo que o herbicida bentazon controlou 59,27% do mofo branco, contrastando aos 13,73% de controle do fungicida fluazinam.

**Tabela 16.** Número de estipes e apotécios de escleródios submetidos aos herbicidas glifosato, dicamba e glufosinato de amônio e fungicida dimoxistrobina aos 30, 40 e 50 dias de incubação.

glifosato			
Estipes			
ppm	30 dias	40 dias	50 dias
	3,42 Aa	1,97 Ba	1,54 Ba
1	3,33 Aa	2,84 Aab	2,58 Aab
10	4,26 Ba	3,71 ABbc	3,05 Abc
100	3,81 Aa	3,84 Abc	3,35 Abc
1000	3,87 Aa	3,85 Abc	3,51 Abc
10000	3,58 Aa	4,39 Ac	4,12 Ac
CV%	20,53		
Apotécios			
ppm	30 dias	40 dias	50 dias
0	2,41 Aa	4,12 Ba	4,03 Ba
1	1,18 Aab	2,52 Aab	2,19 Aab
10	1,77 Aab	2,60 Aab	2,29 Aab
100	1,75 Aab	2,36 Aab	2,62 Aab
1000	0,61 Ab	1,61 Ab	2,06 Ab
10000	0,35 Ab	0,70 Ab	1,26 Ab
CV%	44,99		

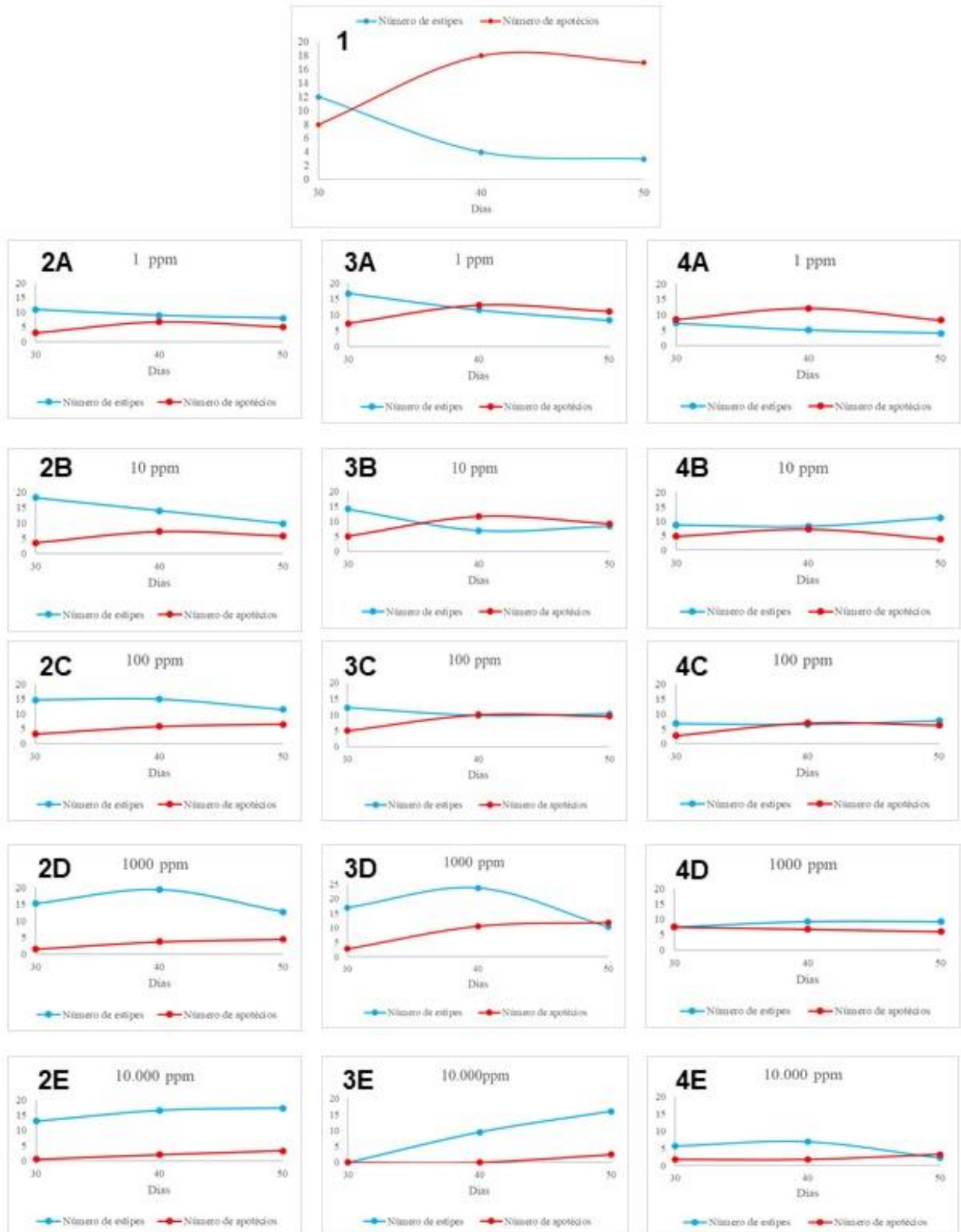
dicamba			
Estipes			
ppm	30 dias	40 dias	50 dias
0	3,42 Aa	1,97 Ba	1,54 Bab
1	2,63 Aa	2,22 Aa	1,97 Aabc
10	2,94 Aa	2,78 Aa	3,33 Ac
100	2,55 Aa	2,50 Aa	2,67 Abc
1000	2,65 Aa	2,95 Aa	2,97 Ac
10000	2,38 Ba	2,59 Ba	1,04 Aa
CV%	26,62		
Apotécios			
ppm	30 dias	40 dias	50 dias
0	2,41 Aab	4,12 Ba	4,03 Ba
1	2,73 Aa	3,40 Aa	2,82 Aab
10	2,10 Aab	2,55 Aab	1,87 Ab
100	1,36 Aab	2,59 Aab	2,43 Aab
1000	2,64 Aab	2,53 Aab	2,42 Aab
10000	0,86 Ab	0,86 Ab	1,23 Ab
CV%	36,60		

glufosinato de amônio			
Estipes			
ppm	30 dias	40 dias	50 dias
0	3,42 Aa	1,97 Ba	1,54 Ba
1	4,05 Aa	3,30 Aab	2,66 Aab
10	3,63 Aa	2,49 Aab	2,82 Aab
100	3,48 Aa	3,00 Aab	3,08 Aab
1000	3,93 Aa	4,77 Ab	4,78 Ab
10000	0 Ab	2,11 Ba	3,38 Bab
CV%	39,65		
Apotécios			
ppm	30 dias	40 dias	50 dias
0	2,41 Aa	4,12 Ba	4,03 Ba
1	2,66 Aa	3,43 Aa	3,15 Aa
10	2,11 Aa	3,41 Aa	3,01 Aab
100	2,18 Aa	3,09 Aa	3,03 Aab
1000	1,10 Aab	2,78 Ba	3,16 Ba
10000	0 Ab	0 Ab	1,11 Ab
CV%	38,77		

dimoxistrobina			
Estipes			
ppm	30 dias	40 dias	50 dias
0	3,42 Aa	1,97 Ba	1,54 Ba
0,1	2,95 Aa	1,95 ABa	1,22 Ba
1	2,45 Aa	1,96 Aa	1,72 Aa
10	1,82 Aa	1,54 Aab	1,47 Aa
100	0 Ab	0 Ab	0,25 Aa
CV%	51,22		
Apotécios			
ppm	30 dias	40 dias	50 dias
0	2,41 Aa	4,12 Ba	4,03 Ba
0,1	1,59 Aa	3,15 Bab	2,96 Bab
1	2,47 Aa	3,65 Aa	3,32 Aab
10	1,20 Aab	1,83 Ab	2,10 Ab
100	0 Ab	0 Ac	0 Ac
CV%	33,30		

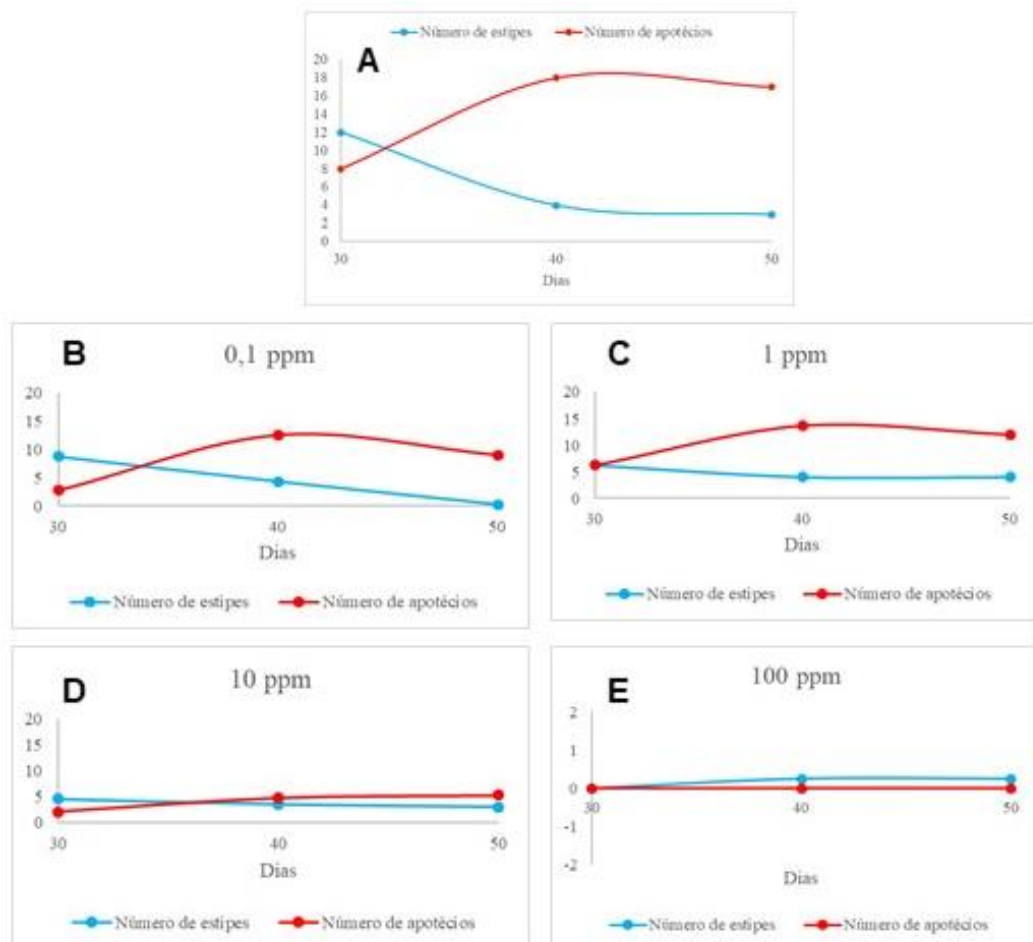
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

**Figura 21.** Relação entre produção de estipes e apótecos a partir de escleródios no tratamento testemunha (1) e herbicidas glifosato (2), glufosinato de amônio (3) e dicamba (4) nas concentrações de 1 (A); 10 (B); 100 (C); 1000(D) e 10000 (E) ppm.



No presente trabalho, o fungicida dimoxistrobina reduziu a emissão de estipes apenas na concentração máxima, sendo possível observar a tendência na diminuição de estipes com os dias de incubação (Figura 22). O número de apotécios, seguindo a tendência do tratamento controle, aumentou com os dias de incubação, embora não tenha sido observada diferenças estatísticas. O número de apotécios reduziu quando os escleródios foram submetidos a concentração de 100 ppm a partir dos 30 dias de incubação. A concentração de 10 ppm de dimoxistrobina reduziu o número de apotécios a partir dos 40 dias. De acordo com Vrisman et al. (2014), o fungicida dimoxistrobina+boscalid acarretou germinação de escleródios abaixo de 70%, superior aos herbicidas testados no experimento, sendo que a taxa de diferenciação de estipes em apotécios também foi afetada, apresentando 34,56% de estipes viáveis.

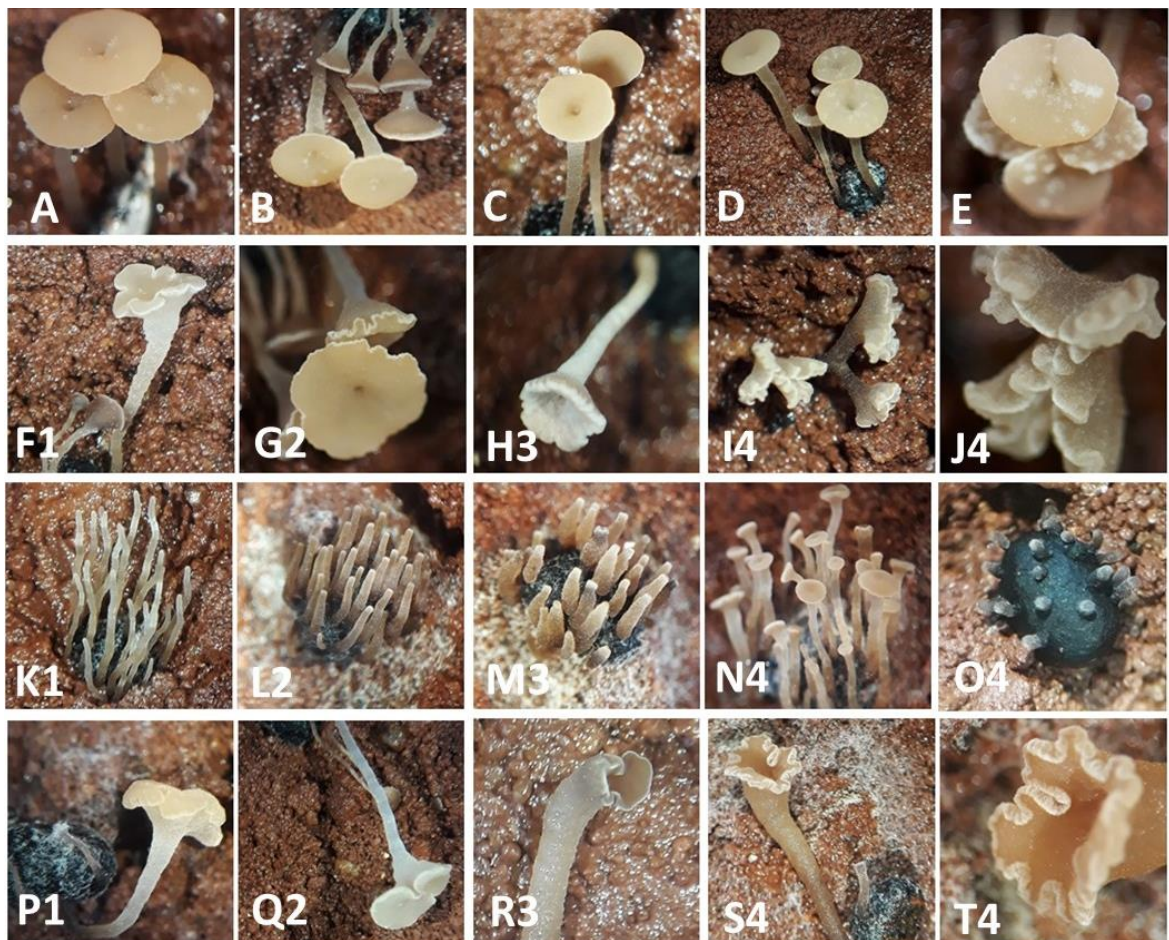
**Figura 22.** Relação entre produção de estipes e apotécios de escleródios no tratamento testemunha (A) e fungicida dimoxistrobina nas concentrações de 0,1 (B); 1 (C); 10 (D) e 100 (E) ppm.



Em experimento realizado por Casale e Hart (1986), embora a atrazina tenha apresentado menor inibição no crescimento micelial de *S.sclerotiorum* comparado a outros herbicidas testados, observaram que estipes produzidos em solos contendo o herbicida apresentaram-se malformados ou estéreis, sem a produção de ascósporos. Aparentemente, atrazina possui uma influência específica na diferenciação de estipes para apotécios, apresentando-se tóxico ao fungo.

O mesmo foi observado no presente trabalho, onde modificações na morfologia de estipes e apotécios ocorreram desde a concentração de 10 ppm dos herbicidas glifosato, glufosinato de amônio e dicamba (Figura 23). O glufosinato de amônio pode ter estimulado a emissão de estipes, como ilustra a Figura 23.K. Deformações nas bordas dos discos dos apotécios foram observadas quando submetidos ao glifosato, sendo que deformações mais drásticas ocorreram nas maiores concentrações.

**Figura 23.** Apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* do tratamento testemunha (A, B, C, D, E) deformações em apotécios submetidos a concentrações de glifosato (F, G, H, I, J), glufosinato de amônio (K, L, M, N, O) e dicamba (P, Q, R, S, T) nas concentrações de 10; 100, 1000 e 10000 ppm (1, 2, 3 e 4).



Apotécios anormais também foram observados por Huang e Blackshaw (1995). Ao avaliarem 33 herbicidas, incluindo os utilizados neste estudo, glifosato e dicamba, foram observadas modificações morfológicas em estipes e apotécios apenas para os herbicidas simazine e atrazina. Segundo Casale e Hart (1986), não houve produção de ascósporos por apotécios deformados, implicando que herbicidas podem causar a esterilidade dos mesmos. Estes autores citaram que o uso de triazina para o controle de *S. sclerotiorum* é limitado por sua toxicidade as plantas, embora a rotação de plantas suscetíveis e resistentes a atrazina, como o milho, pode influenciar no inóculo inicial da doença.

Embora o número de estipes tenha sido maior nos tratamentos com herbicidas, não foram observadas diferenciações em apotécios, caracterizando-as em estipes inviáveis. Apesar de não ter sido avaliado neste estudo, a produção de ascósporos por apotécios submetidos a estes herbicidas pode ser influenciada negativamente, reduzindo a quantidade de inóculo primário e consequentemente com efeitos na epidemiologia da doença.

### 3.6 CONCLUSÕES

Glifosato, glufosinato de amônio e dicamba reduziram a germinação de esporos de *P. pachyrhizi*, bem como o comprimento do tubo germinativo. A germinação e o comprimento do tubo germinativo de esporos de *C. cassicola* foi influenciada negativamente por glifosato e pouca ação de glufosinato de amônio e dicamba. Inseticida imidacloprido + bifentrina teve pouco efeito sobre a germinação e comprimento do tubo germinativo de esporos de *P. pachyrhizi* e *C. cassicola*, enquanto que cloridrato de cartape e thiamethoxam+lambda-cialotrina reduziram os valores das duas variáveis mencionadas, para ambos fungos.

Associação entre trifloxistrobina + protioconazol e thiamethoxam + lambda-cialotrina podem aumentar o controle da germinação de esporos de *P. pachyrhizi* e *C. cassicola*. Associações entre trifloxistrobina + protioconazol e cloridrato de cartape foram sinérgicas para inibição de germinação de esporos de *P. pachyrhizi* e antagônicas para *C. cassicola*.

O crescimento micelial de *S. sclerotiorum*, *C. sojae* e *C. kikuchii* foi influenciado negativamente por herbicidas e inseticidas. Respostas a um mesmo herbicida foram variáveis em função da espécie do fungo.

Glifosato, glufosinato de amônio e dicamba afetaram negativamente o desenvolvimento de estipes e apotécios de *S. sclerotiorum*, além da formação de apotécios anormais.

## REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, M.; KORTEKAMP, A. The in vitro effect of the herbicide Basta® (glufosinate ammonium) on potential fungal grapevine pathogens. **Europ. J. Hort. Sci.**, v. 74, n. 3, p. 112-117, 2009.
- ALMEIDA, A.M.R.; MACHADO, C. C.; FERREIRA, L. P.; LEHMAN, P. S.; ANTONIO, H. Ocorrência de *Corynespora cassiicola* (Berk. & Curt.) Wei no Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 1, p. 111-112, 1976.
- ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. F. V.; HENNING, A. A.; GODOY, C. V.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M. C. Doenças da soja. In: KIMATI, H. AMORIN, L. REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A.; AMARGO, L. E. A. (Eds.) **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 569-588, 2005a.
- ALMEIDA, A. M. R.; PIUGA, F. F.; MARIN, S. R. R.; BINNECK, E.; SARTORI, F.; COSTAMILAN, L. M.; TEIXEIRA, M. R. O.; LOPES, M. Pathogenicity, molecular characterization, and cercosporin content of Brazilian isolates of *Cercospora kikuchii*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 6, p.594-602, dez. 2005b.
- AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION. **Soy stats**. 2020. Disponível em: <<http://soystats.com/>>. Acesso em: 22 jan. 2020.
- ANDERSON, J.A.; KOLMER, J. A.; Rust control in glyphosate tolerant wheat following application of the herbicide glyphosate. **Plant Disease**, v. 89, p. 1136-1142, 2005.
- ANDRADE, P. J. M.; ANDRADE, D. F. A. **Ferrugem Asiática: uma ameaça à sojicultura brasileira**. Circular técnica nº11. Dourados, MS, 11p., 2006.
- ÁVILA, Z. R.; MELLO, S. C.M. Efeito de pesticidas no crescimento micelial de *Cercospora caricis*. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 1, p. 98, 2006.
- AVOZANI, A. **Sensibilidade de *Corynespora cassiicola*, isolados da soja, a fungicidas in vitro**. 133f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2011.
- AVOZANI, A.; REIS, E. M.; TONIN, R. B. Sensitivity loss by *Corynespora cassiicola*, isolated from soybean, to the fungicide carbendazim. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 3, p.273-276, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/1928>.
- BARBOSA, F. R.; MOREIRA, W. A.; SILVA, A. L. Toxicidade de inseticidas e herbicidas utilizados no algodoeiro sobre o fungo entomopatogênico *Nomuraea rileyi*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 6, p. 641-643, 1986.
- BAYER. **Bayer lança tecnologia LibertyLink® para sojicultores brasileiros**. 2019. Disponível em: <<https://www.bayer.com.br/midia/sala-de-imprensa/crop-science/releases/bayer-lanca-tecnologia-libertylink-para-sojicultores-brasileiros.php>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

BLACK, B. D.; RUSSIN, J. S.; GRIFFIN, J. L.; SNOW, J. P. Herbicide effects on *Rhizoctonia solani* *in vitro* and *Rhizoctonia foliar* blight of soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 44, p. 711–716, 1996.

BLACKSHAW, R. E.; O'DONOVAN, J. T.; SHARMA, M. P.; HARKER, K. N.; MAURICE, D. Response of triallate-resistant wild oat (*Avena fatua*) to alternative herbicides. **Weed technology**, v. 10, n. 2, p. 258-262, 1996.

BOTELHO, A. A. A.; MONTEIRO, A. C. Sensibilidade de fungos entomopatogênicos a agroquímicos usados no manejo da cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 361-369, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 67 de 30 de maio de 1995. Regulamenta o uso das misturas de agrotóxicos em tanque. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1995. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 46, de 24 de julho de 2002. Determina às empresas titulares de registros de agrotóxicos a retirada das indicações de misturas em tanque dos rótulos e bulas de seus agrotóxicos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2002a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto 4074 que regulamenta a Lei 7802 de 11 de julho de 1989 que dispõe sobre agrotóxicos, seus componentes e afins e de outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2002b.

CÂMARA, G. M. S. Desempenho produtivo de cultivares de soja IAC-17, IAC-12 e IAC-19, semeados em três épocas de semeadura e em cinco densidades de plantas. Piracicaba, 165f., 1998. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CÂMARA G. M. S. **Introdução ao agronegócio soja**. Disponível em <http://www.lpv.esalq.usp.br/lpv584/584%20Soja%2001%20%20Apostila%20Txt%20%20Agronegocio%20Soja%202011.pdf>. Piracicaba. 28p. 2011.

CAMERA, J. N.; DEUNER, C. C.; REIS, E. M.; RANZI, C. Limiares térmicos para a germinação de conídios de *Cercospora sojina* em dois regimes luminosos. **Summa Phytopathologica**, v.39, n.1, p.58-61, 2013.

CANTERI, M. G.; FURIATTI, R. S.; PERINO, M. A. Efeitos de fungicidas aplicados isoladamente ou em mistura no controle da requeima (*Phytophthora infestans*) da batata. **Grupo Paulista de Fitopatologia**, v. 19, n. 3, p. 195-198, 1993.

CASALE, W. L.; HART, L. P. Influence of four herbicides on carpogenic germination and apothecium development of *Sclerotinia sclerotiorum*, **Phytopathology**, v. 76, p. 980-984, 1986.

CASANOVA, L. M.; COSTA, S. S. Interações sinérgicas em produtos naturais: potencial terapêutico e desafios. *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 2, p. 575-595, 2017.

CASSETARI NETO, D.; MACHADO, A.Q.; SILVA, R.A. **Manual de doenças da soja**. São Paulo: Cheminova Brasil LTDA, 57 p., 2010.

CHEE, K. H. Studies on sporulation, pathogenicity and epidemiology of *Corynespora cassiicola* on *Hevea Rubber*. **Journal of Natural Rubber Research**, v. 3, n. 1, 1988.

CHEN, C.; WANG, Y.; ZHAO, X.; QIAN, Y.; WANG, Q. Combined toxicity of butachlor, atrazine and  $\lambda$ -cyhalothrin on the earthworm *Eisenia fetida* by combination index (CI)-isobologram method. **Chemosphere**, v. 112, p. 393-401, 2014.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra 2018/2019 – Sétimo levantamento**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 19 abr. 2019.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra 2019/2020 – Quarto levantamento**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 22 jan. 2020.

COSTA, G. R.; COSTA, F. L. S. Influencia do solo e de substratos para produção de escleródios na germinação carpogênica de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 83-87, 2006.

DANN, E. K.; DIERS, B. W.; HAMMERSCHMIDT, R. Supression of *Sclerotinia* stem rot of soybean by lactofen herbicide treatment. **Phytopathology**, v. 89, n. 7, p. 598-602, 1999.

DAUB, M. E. Cercosporin, a photosensitizing toxin from *Cercospora* species. **Phytopathology**, v. 72, n. 4, p. 370-374, 1982.

DEVINE, M. D., DUKE, S. O.; FEDTKE, C. **Physiology of Herbicide Action**. Englewood Cliffs, NJ: PTR Prentice Hall. p. 274–281, 1993.

FAUST, M.; ALTENBURGER, R.; BOEDEKER, W.; GRIMME, L. H. Additive effects of herbicide combinations on aquatic non-target organisms. **Science of the total environment**, v. 134, p. 941-952, 1993.

FORCELINI, C.A.; REIS, E.M.; GASSEN, F.; YORINORI, J.T.; HOFFMAN, L.; COSTAMILAN, L.; SILVA, O.C; BALARDIN, R.; CASA, R.T. **Doenças da cultura da soja**: Série Técnica, v. 1, 2004.

FORCELINI, C. A. Doenças em soja: entendendo as diferenças entre biotróficos e necrotrófico. **Revista Plantio Direto**, ed. 120, p. 7-10, 2010.

FORD, K. A.; CASIDA, J. E.; CHANDRAN, D.; GULEVICH, A. G.; OKRENT, R. A.; DURKIN, K. A.; SARPONG, R.; BUNNELLE, E. M.; WILDERMUTH, M. C. Neonicotinoid insecticides induce salicylate-associated plant defense responses. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 41, p. 17527-17532, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1013020107>.

FRAC – Fungicide Resistance Action Committee. **Detached leaf test – *Phakopsora pachyrhizi***, 2006. Disponível em: < [https://www.frac.info/docs/default-source/monitoring-methods/approved-methods/phakpa-detached-leaf-monitoring-method-bcs-2006-v2.pdf?sfvrsn=42694b9a\\_2](https://www.frac.info/docs/default-source/monitoring-methods/approved-methods/phakpa-detached-leaf-monitoring-method-bcs-2006-v2.pdf?sfvrsn=42694b9a_2)>

- FRAC – Fungicide Resistance Action Committee. **Germ tube elongation test – *Monilinia laxa*, *Monilinia fructigena***, 2009. Disponível em: < [https://www.frac.info/docs/default-source/monitoring-methods/approved-methods/monisp-germ-tube-elongation-test-basf-2009-v1.pdf?sfvrsn=779a419a\\_4](https://www.frac.info/docs/default-source/monitoring-methods/approved-methods/monisp-germ-tube-elongation-test-basf-2009-v1.pdf?sfvrsn=779a419a_4)>.
- FURLAN, S.H. Controle do mofo branco em feijoeiro. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE MOFO BRANCO, 2012, Ponta Grossa. **Anais...** Globalizando o problema, fundamentando soluções. Ponta Grossa: UEPG, p.28-31, 2012.
- GARCIA, R. A.; JULIATTI, F. C.; BARBOSA, K. A. G. Efeitos de fungicidas e herbicidas no controle de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1989-1996, 2013.
- GAZZIERO, D.L.P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 33, 2015.
- GISI, U. Synergism between fungicides for control of *Phytophthora*. **Cambridge University Press**, Cambridge, UK, 1991.
- GISI, U.; BINDER, H.; RIMBACH, E. Synergistic interactions of fungicides with different modes of action. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 85, n. 2, p. 299-306, 1985.
- GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Effect of powdery mildew and cercospora blight severity on soybean yield. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 526-530, 2004.
- GODOY, C. V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; DEL PONTE, E. M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**. V. 34, n. 1, p. 56-61, 2009.
- GODOY, C.V. Target spot. In: HARTMAN, G.L.; RUPE, J.C.; SIKORA, E.J.; DOMIER, L.L.; DAVIS, J.A.; STEFFEY, K.L. **Compendium of soybean diseases and pests**. 5 ed. Saint Paul: APS Press, p.62-63, 2015.
- GODOY, C.V.; ALMEIDA, A.M.R.; COSTAMILAN, L.M.; MEYER, M.C.; DIAS, W.P.; SEIXAS, C.D.S.; SOARES, R.M.; HENNING, A.A.; YORINORI, J.T.; FERREIRA, L.P.; SILVA, J.F.V. Doenças da soja. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. **Manual de fitopatologia**, v.2 Doenças das plantas cultivadas. 5 ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres Ltda, p 657-658, 2016a.
- GODOY, C. V., SEIXAS, C. D.; SOARES, R. M.; GUIMARÃES, F. C. M.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 407-421, 2016b.
- GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; FORCELINI, C. A.; PIMENTA, C. B.; BORGES, E. P.; ANDRADE JUNIOR, E. R. de; SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C.; FAVERO, F.; FEKSA, H. R.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; CARNEIRO, L. C.; SILVA, L. H. C. P.; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; VOLF, M. R.; DEBORTOLI, M. P.; GOUSSAIN, M.; MARTINS, M. C.; BALARDIN, R. S.; FURLAN, S.

H.; MADALOSSO, T.; CARLIN, V. J.; VENANCIO, W. S. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2015/16:** resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, (Embrapa Soja. Circular Técnica, 119), 6 p, 2016c.

GODOY, C.V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. O. N.; DIAS, A. R.; PIMENTA, C. B.; ANDRADE JUNIOR, E. R.; MORESCO, E.; SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C.; JULIATTI, F. C.; FAVERO, F.; ARAÚJO JÚNIOR, I. P; CHAVES I. C. P. V.; ROY, J. M. T.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; NAVARINI, L.; SENGER, M.; BELUFI, L. M. R.; SILVA, L. H. C. P.; SATO, L. N.; GOUSSAIN JÚNIOR, M. M.; DEBORTOLI, M. P.; MARTINS, M. C.; TORMEN, N. R.; BALARDIN, R. S.; MADALOSSO, T.; CARLIN, V. J.; VENANCIO, W. S. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2018/19: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. **Circular Técnica 148**, Londrina, Paraná, 2019.

GÓMEZ, D. E. ***Cercospora sojina*: produção de esporos, densidade de inóculo e reação de cultivares de soja.** 94f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2011.

GOULART, A.C.P. **Fungos em sementes de soja:** detecção e importância. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 58p., 1997. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 11)

GRABSKI, C.; GISI, U. Quantification of synergistic interactions of fungicides against *Plasmopara* and *Phytophthora*. **Crop Protection**, v. 6, n. 1, p. 64-71, 1987.

HARA, K. Spot disease of soybean. **Agric. Country**, v. 9, p. 28, 1915.

HENNING, A. A. **Manejo de doenças da soja (*Glycine max* L. Merrill).** Informativo ABRATES, v. 19, n. 3, 2009.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja.** 5ed. Embrapa Soja, Londrina, PR, 76p., 2014.

HENNINGS, V. P. **A few new Japanese Uredinaceae.** Hedwigia 42: S107-108, 1903.

HOFFMANN, L.L., REIS, E.M., FORCELINI, C.A., PANISSON, E., MENDES, C.S. & CASA, R.T. Efeitos da rotação de cultura, de cultivares e da aplicação de fungicida sobre o rendimento de grãos e doenças foliares em soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 245-251, 2004.

HUANG, H. C.; BLACKSHAW, R.E. Influence of herbicides on the carpogenic germination of *Sclerotinia sclerotiorum* sclerotia. **Bot. Bull. Acad. Sin.**, v.36, p.59-64, 1995.

ITO, M. F.; BERGAMIN FILHO, A.; YUKI, V. A. Efeito do fungicida cartap sobre a mancha angular do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 19, p. 288-289, 1994.

ITO, M. F; BERGAMIN FILHO, A.; CASTRO, J. L. Ação fungicida do inseticida Cartap sobre a ferrugem do feijoeiro II: Em campo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 4, n. 20, 1995.

KATAN, J.; ESHEL, Y. Interactions between herbicides and plant pathogens. In: **Residue Reviews**. Springer, New York, NY, p. 145-177, 1973.

KATARIA, H. R.; GISI, U. Interactions of fungicide-herbicide combinations against plant pathogens and weeds. **Crop Protection**, v. 9, p. 403-409, 1990.

KAWATE, S. C.; KAWATE, S.; OGG, A. G.; KRAFT, J. M. Response of *Fusarium solani* f. sp. *pisi* and *Pythium ultimum* to glyphosate, **Weed Science**, v. 40, p. 497–502, 1992.

KISHORE, G.M.; SHAH, D.M. Amino acid biosynthesis inhibitors as herbicides. **Annual Review of Biochemistry**, v.57, p.627-663, 1988.

KLOSOWSKI, A.C.; MAY DE MIO, L.L.; MIESSNER, S.; RODRIGUES, R.; STAMMLER, G. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*. **Pest Management Science**, v. 72, p. 1211–1215, 2016.

KOCHMAN, J. K. The effect of temperature on development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). **Aust. J. Agric. Res.**, v. 30, p. 273-277, 1979.

KOSMAN, E.; COHEN, Y. Procedures for calculating and differentiating synergism and antagonism in action of fungicide mixtures. **Phytopathology**, v. 86, n. 11, p. 1263-1272, 1996.

KRUSE, N. D.; VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M.. Curvas de resposta e isoblograma como forma de descrever a associação de herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenóides. **Planta daninha**, v. 24, n. 3, p. 579-587, 2006.

LEHMAN, S. G. Purple stain of soybean seeds. **N. C. Agric. Exp. Stn. Bull**, 11p, 1950.

LEHNER, M. S.; JÚNIOR, P. T. J.; VIERIA, R. F.; LIMA, R. F.; SILVA, R. A.; SOARES, B. A.; NASCIMENTO, M.; CARNEIRO, J. E. S. Potencial de herbicidas para o controle de patógenos de solo do feijão. **Planta Daninha**, v. 32, n.1, 117-123, 2014.

LEVY, Y.; BENDERLY, M.; COHEN, Y.; GISI, U.; BASSAND, D. The joint action of fungicides in mixtures: Comparison of two methods for synergy calculation. **EPPO Bull**, v. 16, p. 651-657, 1986.

LIMA, L. C. F. **Produtos fitossanitários**: misturas em tanque. Cascavel: Ocepar/Coodetec/Associação Nacional de Defesa Vegetal, 1997. 13 p. (Relatório Técnico)

MAGNANI, E.B. Z., ALVES, E. & ARAÚJO, D.V. Eventos dos processos de pré-penetração, penetração e colonização de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 156-160, 2007.

MAPA- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento  
www.agricultura.gov.br/vegetal/mercado-interno. Acesso: 19 abr. 2019.

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Cartap BR 500**. 2019.  
Disponível em:

<<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Inseticidas/cartapbr500.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2019.

MARCHETTI, M. A.; MELCHING, J. S.; BROMFIELD, K. R. The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredospores of *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopathology**, Saint Paul, v.66, n.6, p.461-463, 1976.

MARTINS, M. C.; AMORIM, L.; KIMATI, H. Protective, curative, and eradivative effects of the insecticide cartap in controlling peach tree rust in a controlled environment. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 3, p. 403-406, 1997.

MARQUES, L. N. **Mancozebe associado ao patossistema *Phakopsora pachyrhizi* × *Glycine max*: respostas fisiológicas das plantas**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, 2017

MELCHING, J. S., W. M. DOWLER, D. L. KOOGLE, AND M. H. ROYER. Effects of duration, frequency, and temperature of leaf wetness periods on soybean rust. **Plant Disease**, v. 73. p. 117-122, 1989.

MESQUINI, R. M. **Componentes monocíclicos e quantificação de danos no patossistema *Corynespora cassiicola*-soja**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MONSANTO. **Soja Roundup Ready**. 2019. Disponível em: <<http://www.monsantoglobal.com/global/br/produtos/pages/soja-rr.aspx>>. Acesso em: 07 abr. 2019.

MYCOBANK. *Phakopsora pachyrhizi*. 2019. Disponível em: <<http://www.mycobank.org/>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

NASCIMENTO, J. M. D.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; MELO, E. P. D. Germinação de uredinósporos de *Phakopsora pachyrhizi* e *Puccinia kuehnii* sob diferentes adjuvantes. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, 82, 1-6, 2015.

NASH, R. G. Phytotoxic pesticide interactions in soil. **Agronomy Journal**, v. 59, n. 3, p. 227-230, 1967.

NELSON, K. A.; RENNER, K. A.; HAMMERSCHMIDT, R. Cultivar and herbicide selection affects soybean development and the incidence of Sclerotinia stem rot. **Agronomy Journal**, v. 84, p. 1270-1281, 2002.

OGBEBOR, N.; ADEKUNIE, A. T. Inhibition of conidial germination and mycelial growth of *Corynespora cassiicola* (Berk and Curt) of rubber (*Hevea brasiliensis* muell. Arg.) using extracts of some plants. **African Journal of Biotechnology**, v. 4, n. 9, pp. 996-1000, 2005.

OLIVE, L.S.; BAIN, D.C.; LEFEBVRE, C.L. A leaf spot of Cowpea and Soybean caused by an undescribed species of *Helminthosporium*. **Phytopathology**, v. 35, n. 10, p. 822-831, 1945.

- OLIVEIRA, R. R.; VIDA, J. B.; TESSMANN, D. J.; AGUIAR, B. D. M.; CAIXETA, M. P.; BARBOZA, A. L. Pathogenicity of *Corynespora cassiicola* isolates on different host plants. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 3, p. 297-299, 2007.
- PARIS JUNIOR, M. A. **Curvas de dose resposta e isobogramas como forma de descrever a associação dos inibidores da ALS (sulfometuron-methyl e chlorimuron-ethyl) em *Digitaria insularis* (L.) Fedde**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2018.
- PAULA JÚNIOR, T.J.; VIEIRA, R.F.; LOBO JÚNIOR, M.; MORANDI, M.A.B.; CARNEIRO, J.E.S. Mofo branco. In: DALLA PRIA, M.; SILVA, O.C. **Cultura do feijão: doenças e controle**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2010. cap. 6 e 7.
- PEREIRA, C. E.; PEREIRA, M. C.; BRITO JÚNIOR, J. G.; MACHADO, J. C. Sementes de soja infectadas por *Cercospora kikuchii*, sob déficit hídrico. **Científica**, Jaboticabal, v.45, n.3, p.295-299, 2017.
- PETTER, F. A.; SEGATE, D.; ALMEIDA, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F.; PACHECO, L. P. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 129-138, 2013.
- PHILLIPS, D. V. Frog eye leaf spot. p.20-21. In: HARTMAN, G. L; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. **Compendium of soybean diseases**. 4 ed. American Phytopathological Soc., Saint Paul, 1999.
- PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Ecologia das plantas daninhas no sistema de plantio direto. In: ROSSELLO, RD **Siembra directa en el cono sur**. Montevideo: PROCISUR, p. 203-210, 2001.
- PLINE, W. A.; LACY, G. H.; STROMBERG, V.; HATZIOS, K. K. Antibacterial activity of the herbicide glufosinate on *Pseudomonas syringae* pathovar *glycinea*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 71(1), 48-55, 2001.
- RADKE, V. L.; GRAU, C. R. Effects of herbicide on carpogenic germination of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, v. 70, p. 19-23, 1986.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria**, 2017.
- REIS, E. M.; CASA, R. T.; GAVA, F.; MOREIRA, E. N.; SACHS, C. Indução da germinação carpogênica de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* sob diferentes substratos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.10, n.2, p.145-150, 2011.
- REIS, M. R.; LEÃO, E. U.; SANTOS, G. R; SARMENTO-BRUM, R. B. C.; GONÇALVES, C. G.; CARDON, C. H.; SILVA, D. B. Impacto de herbicidas em isolados de *Trichoderma* spp. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 419-426, 2013.
- RIBEIRO, F. C.; COLOMBO, G. A.; CARVALHO, E. V. PELÚZIO, J. M.; ERASMO, E. A. L. Controle químico da mancha-alvo da soja (*Corynespora cassiicola*) no cerrado tocantinense-Brasil. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 4, n.1, p. 26-36, 2017.

ROMERO, A. L.; OLIVEIRA, R. R.; ROMERO, R. B.; ALMEIDA, A. L.; DINIZ, S. P. S. S.; VIDA, J. B. Natural monoterpenes effect on the mycelial growth and conidial germination of *Corynespora cassiicola*. **Pesq. Agropec. Pernamb.**, v. 18, n. 1, p. 3-7, 2013.

SAMORA, R.; TEIXEIRA, M.; POLANSEK, T. **Monsanto prevê vender soja tolerante a herbicida dicamba no Brasil em 2020**. 2018. Disponível em: <<https://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKBN1F02UW-OBRBS>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

SANOGO, S.; YANG, X. B.; SCHERM, H. Effects of herbicides on *Fusarium solani* f. sp. *glycines* and development of sudden death syndrome in glyphosate-tolerant soybean. **Phytopathology**, v. 90, p 57-66, 2000.

SEEFELDT, S.S.; JENSEN, J. E.; FUERST, E. P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed Technology.**, v.9, n.2, p.218-225, 1995.

SCHMITZ, H.K.; MEDEIROS, A.C.; CRAIG, I.R.; STAMMLER, G. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-outside-inhibitors and demethylation inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v. 7, p. 378-88, 2014.

SCHUH, W. Influence of temperature and leaf wetness period on conidial germination in vitro and infection of *Cercospora kikuchii* on soybean. **Phytopathology**, v. 81, p. ç;1315-1318. 1991.

SCHWAN-STOFFEL, A. V.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. Germinação de *Phakopsora pachyrhizi* SID. & P. SID. sob diferentes herbicidas. **Arq. Inst. Biol**, v. 79, n. 3, p. 381-387, 2012.

SCOPEL, W. Danos do percevejo marrom *Euchistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) em soja. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

SHARVELLE, E. G. Chemical control of plant disease. Fort Worth, Prestigie Pess, 1969.

SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, H. D.; SILVA, J. C. Fortalecida e agressiva. **Revista Cultivar**, n. 14, p. 20-22, 2008.

SIMÕES, K.; HAWLIK, A.; REHFUS, A.; GAVA, F.; STAMMLER, G. First detection of a SDH variant with reduced SDHI sensitivity in *Phakopsora pachyrhizi*. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 125, p. 21-26, 2018.

SINCLAIR, J. B. **Compendium of soybean disease**. 2 ed. Saint Paul, The American Phytopathological Society, 104p, 1982.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORREIA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J., MOSCARDI, F.; PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; HIROSE, E.; ROGGIA, S. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. 3ª ed. Londrina: Embrapa Soja, 100p., 2014.

TAMMES, P.M.L. Isoboles, a graphic representation of synergism in pesticides. **Neth. J. Plant. Path.** v.70, p.73-80, 1964.

TAVARES, S. C. C.; LIMA, J. A. S.; PRADO, R. J.; COELHO, R. S. B.; CRUZ, S. C. Sensibilidade *in vitro* de *Trichoderma* spp. a fungicidas, inseticidas e herbicidas comerciais utilizados na cultura do tomateiro. **Anais do VI SICONBIOL**, p. 21, 1998.

Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2007. (2006) Londrina PR. Embrapa Soja. Embrapa Cerrados. Embrapa Agropecuária Oeste.

TEO, B. K.; VERMA, P. R.; MORRALL, R. A. A. The effects of herbicides and mycoparasites at different moisture levels on carpogenic germination in *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant and Soil**, v.139, p. 99-107, 1992.

TERAMOTO, A.; MACHADO, T.A.; NASCIMENTO, L.M.; MEYER, M.C.; CUNHA, M.G. Sensibilidade a fungicidas de isolados de *Corynespora cassiicola* provenientes do Estado de Goiás. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA**, 6., 2012, Cuiabá. Soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2012., 2012.

TERAMOTO, A.; MEYER, M. C.; SUASSUNA, N. D.; CUNHA, M. G. D. *In vitro* sensitivity of *Corynespora cassiicola* isolated from soybean to fungicides and field chemical control of target spot. **Summa Phytopathologica**, v.43, n. 4, p. 281-289, 2017.

THIRUCHCHELVAN, N.; MIKUNTHAN, G.; THIRUKKUMARAN, G.; PAKEERATHAN, K. Effect of insecticides on bio-agent *Trichoderma harzianum rifai* under *in vitro* conditions. **American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.**, v. 13, n. 10, p. 1357-1360, 2013.

TONIN, R. F. B.; AVOZANI, A.; DANELLI, A. L. D.; REIS, E. M.; ZOLDAN, S. M.; GARCÉS-FIALLOS, R. *In vitro* mycelial sensitivity of *Macrophomina phaseolina* to fungicides. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, p.460-466, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-40632013000400014>.

VRISMAN, C. M.; HULLER, G. C.; SARTORI, F. F.; HENNEBERG, L.; WUTZKI, C. R.; JULIATTI, F. C.; JACCOUD FILHO, D. S. Influência de herbicidas e fungicidas na germinação carpogênica de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. **Bioscience Journal**, v. 30, n.2, p. 477-483, 2014.

XAVIER, S.A; KOGA, L.J; BARROS, D.C.M.; CANTERI, M.G.; LOPES, I.O.N; GODOY, C.V. Variação da sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas inibidores da desmetilação no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 3, p. 191-196, 2015.

WANG, Y.; BROWNING, M.; RUEMMELE, B. A.; CHANDLEE, J. M.; KAUSCH, A. P.; JACKSON, N. Glufosinate reduces fungal diseases in transgenic glufosinate resistant bentgrasses (*Agrostis* spp.). **Weed Science**, v.51, p 130–137. 2003.

WRATHER, J. A.; ANDERSON, T. R.; ARSYAD, D. M.; GAI, J.; PLOPER, L. D.; PORTA-PUGLIA, A.; RAM, H. H.; YORINORI, J. T. Soybean disease loss estimates for the top 10 soybean producing countries in 1994. **Plant Disease**, v. 81, n. 1, p. 107-110, 1997.

WYSS, G.S.; MÜLLER-SCHÄRER, H. Effects of selected Herbicides on the germination and infection process of *Puccinia lagenophora*, a biocontrol pathogen of *Senecio vulgaris*. **Biological Control**, v.20, n.1, p.160-166, 2001.

YORINORI, J. T. **Doenças**. Ministério da Agricultura. IPEAME, Soja no Paraná. Circular Técnica 9, 1971.

YORINORI, J. T. Levantamento e avaliação da situação de doenças da soja na safra 1987/1988. In: **Resultados de Pesquisa de soja**, 1987/1988- Londrina, EMBRAPA- CNPSo, p. 158, 1989.

YORINORI, J. T. Management of foliar fungal diseases in soybean in Brazil. In: COPPING, L. G.; GREEN, M. B.; REES, R. T. **Pest management in soybean**. London: Elsevier Applied Science, p. 185-193, 1992.

YORINORI, J.T.; JUNIOR, J.N.; LAZZAROTTO, J.J. **Ferrugem “asiática” da soja no Brasil**: evolução, importância, economia e controle. Documentos 247, 36p, 2004.

YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. **Situação da ferrugem asiática da soja no Brasil e na América do Sul**. Brasília: EMBRAPA, 30p., 2004.

YORINORI, J.T.; KLINGELFUSS, L.H. Novas raças de *Cercospora sojina* em soja. **Fitopatologia Brasileira**, Lavras, v.24, p.509-12, 2000.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. E.; GODOY, C. V.; NUNES, J. J. R. Epidemics of soybeans rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, v. 89, p. 675-677, 2005.

YORINORI, J.T.; PAIVA, W.M.; FREDERICK, R.D.; FERNANDEZ, P.F.T. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, nas safras 2000/01 e 2001/02. **Resumo...** Congresso Brasileiro de Soja, Foz do Iguaçu, p.94, 2002.

ZAMBENEDETTI, E. B.; ALVES, E, POZZA, E.A.; ARAÚJO, D.V.; GODOY, C. V. Avaliação de parâmetros monocíclicos e da intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em diferentes genótipos de soja e posições de copa. **Summa Phytopathologica**, v.33, n.2, p.178-181, 2007.

ZAMBOLIM, L., CASA, R.T.; REIS, E.M. Sistema plantio direto e doenças em plantas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, p.585-595, 2000.



## APÊNDICES

## APÊNDICE I

**Tabela 13.** Quantidade de ingrediente ativo (mg. L<sup>-1</sup>) nas concentrações de herbicidas a base de glifosato, glufosinato de amônio e dicamba.

Concentrações do produto comercial (ppm)	Quantidade de ingrediente ativo (mg. L <sup>-1</sup> )		
	glifosato <sup>1</sup>	glufosinato de amônio <sup>2</sup>	dicamba <sup>3</sup>
1	0,48	0,2	0,48
10	4,8	2	4,8
100	48	20	48
1000	480	200	480
10000	4800	2000	4800

Produto comercial <sup>1</sup>= Glyphotal; <sup>2</sup>= Fascinate; <sup>3</sup>= Dicamax

**Tabela 14.** Quantidade de ingrediente ativo (mg. L<sup>-1</sup>) nas concentrações de inseticidas a base de thiamethoxan + lambda-cialotrina, imidacloprido + bifentrina e cloridrato de cartape.

Concentrações do produto comercial (ppm)	Quantidade de ingrediente ativo (mg. L <sup>-1</sup> )		
	thiamethoxan + lambda cialotrina <sup>1</sup>	imidacloprido + bifentrina <sup>2</sup>	cloridrato de cartape <sup>3</sup>
1	0,141 + 0,106	0,250 + 0,050	0,5
10	1,41 + 1,06	2,50 + 0,5	5
100	14,1 + 10,6	25 + 5	50
1000	141 + 106	250 + 50	500
10000	1410 + 1060	2500 + 500	5000

Produto comercial <sup>1</sup>= Engeo Pleno; <sup>2</sup>=Galil; <sup>3</sup>= Cartap

**Tabela 15.** Quantidade de ingrediente ativo (mg. L<sup>-1</sup>) nas concentrações de fungicida a base de trifloxistrobina + protioconazol, respectivamente

Concentrações do produto comercial (ppm)	Ingrediente ativo (mg. L <sup>-1</sup> )
	Trifloxistrobina+protioconazol
0,1	0,015 + 0,0175
1	0,15 + 0,175
10	1,5 + 1,75
100	15 + 17,5

Produto comercial = Fox