

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA EM FOLÍOLOS
DESTACADOS DE SOJA

LUCAS DOS SANTOS NASCIMENTO

UBERLÂNDIA - MG

2022

LUCAS DOS SANTOS NASCIMENTO

ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA EM
FOLÍOLOS DESTACADOS DE SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado.

Área de concentração: Produção vegetal

Orientador: Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti

UBERLÂNDIA - MG

2022

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

N244 2022	<p>Nascimento, Lucas dos Santos, 1996- Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja [recurso eletrônico] / Lucas dos Santos Nascimento. - 2022.</p> <p>Orientador: Fernando Cezar Juliatti. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.116 Inclui bibliografia.</p> <p>1. Agronomia. I. Juliatti, Fernando Cezar ,1957- (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós- graduação em Agronomia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 631</p>
--------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
 Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 002/2022, PPGAGRO				
Data:	Quatorze de fevereiro de dois mil e vinte e dois	Hora de início:	14:30	Hora de encerramento:	16:45
Matrícula do Discente:	12012AGR013				
Nome do Discente:	Lucas dos Santos Nascimento				
Título do Trabalho:	Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Controle e Manejo Integrado de Doenças				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Nilvanira Donizete Tebaldi - UFU; José Magno Queiroz Luz - UFU; Arie Fitzgerald Blank - UFS; Fernando Cezar Juliatti - UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Fernando Cezar Juliatti, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Cezar Juliatti, Professor(a) do Magistério Superior**, em 14/02/2022, às 16:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Magno Queiroz Luz, Professor(a) do Magistério Superior**, em 14/02/2022, às 16:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nilvanira Donizete Tebaldi, Professor(a) do Magistério Superior**, em 14/02/2022, às 16:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Arie Fitzgerald Blank, Usuário Externo**, em 16/02/2022, às 00:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3345770** e o código CRC **2DB6846F**.

LUCAS DOS SANTOS NASCIMENTO

ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA EM
FOLÍOLOS DESTACADOS DE SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado.

Área de concentração: Produção vegetal

Orientador: Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti

Uberlândia, 14/02/2022

Banca Examinadora:

Fernando Cezar Juliatti – Prof Dr. (UFU)

Nilvanira Donizete Tebaldi – Prof.^a Dra. (UFU)

José Magno Queiroz Luz – Prof Dr. (UFU)

Arie Fitzgerald Blank – Prof Dr. (UFS)

Sem o amor e carinho de meus pais William e Lana e de meu irmão Leandro, eu jamais teria chegado até aqui.

DEDICO

AGRADEÇO

À minha família por todo carinho e amor que recebi.

Aos meus amigos por todos os momentos inesquecíveis e todo o tempo que passamos juntos.

Ao meu professor e amigo Fernando Cezar Juliatti, por todo apoio que recebi.

ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA EM FOLÍOLOS DESTACADOS DE SOJA

RESUMO

Plantas medicinais e aromáticas podem controlar fitopatógenos devido à presença de compostos naturais com ação antimicrobiana. Objetivou-se avaliar o efeito de óleos essenciais e de produtos alternativos no controle da Ferrugem Asiática da soja em folíolos destacados de soja. Quatro folíolos de soja sem sintomas de ferrugem foram colocados com a face abaxial voltada para cima em uma caixa de acrílico sobre duas folhas de papel toalha umedecidas com água destilada. A suspensão de 10^5 esporos.mL⁻¹ de *P. pachyrhizi* foi aplicada sobre os folíolos utilizando um borrifador manual. Os óleos essenciais e os produtos alternativos foram separadamente diluídos em água destilada com 0,1% de Tween 20 (v/v) nas concentrações de 1, 10, 50 e 100 partes por milhão e aplicados sobre os folíolos logo após a inoculação, utilizando um borrifador manual. As avaliações foram realizadas visualizando os sintomas e os comparando com a escala diagramática para níveis de severidade da doença proposta por Godoy et al. 2006. Os óleos essenciais de erva-baleeira acesso VCUR-105 e manjerição das cultivares Edwina e Nufar F1 reduziram a severidade da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*. *Melaleuca alternifolia*. *Lippia alba*. *Artemisia annua*. *Varronia curassavica*. *Ocimum basilicum*. Produtos naturais. Controle alternativo.

ESSENTIAL OILS IN THE CONTROL OF ASIAN RUST IN DETACHED SOYBEAN LEAFLETS

ABSTRACT

Medicinal and aromatic plants can control phytopathogens due to the presence of natural compounds with antimicrobial action. The objective was to evaluate the effect of essential oils and alternative products on the control of Asian soybean rust on detached soybean leaflets. Four soybean leaflets without symptoms of rust were placed with the abaxial side facing up in an acrylic box on two sheets of paper towels moistened with distilled water. The *P. pachyrhizi* spore suspension was applied to the leaflets using a hand sprayer. Essential oils and alternative products were separately diluted in distilled water with 0.1% Tween 20 (v/v) at concentrations of 1, 10, 50 and 100 parts per million and applied to the leaflets immediately after inoculation, using a hand sprayer. Assessments were performed by visualizing the symptoms and comparing them with the diagrammatic scale for disease severity levels proposed by Godoy et al. 2006. The essential oils of *Varronia curassavica* access VCUR-105 and *Ocimum basilicum* from cultivars Edwina and Nufar F1 reduced the severity of asian rust in detached leaflets of soybean.

Keywords: *Phakopsora pachyrhizi*. *Melaleuca alternifolia*. *Lippia alba*. *Artemisia annua*. *Varronia curassavica*. *Ocimum basilicum*. Natural products. Alternative control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Ciclo biológico da ferrugem asiática da soja, causada por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> em plantas de soja. Fonte: Adaptado de REIS et al. 2006.....	18
Figura 2. Escala diagramática para os níveis de severidade da ferrugem asiática da soja (GODOY et al., 2006).	25
Figura 3. Severidade média da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja submetidos ao fungicida Fox® Xpro, nas concentrações de 1, 10, 50 e 100 ppm.....	27
Figura 4. Severidade média da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja submetidos aos óleos essenciais nas concentrações de 1, 10, 50 e 100 ppm e a testemunha (água destilada).	30
Figura 5. Severidade média da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja submetidos tratamento com o detergente Zoono® Microbe Shield e o fermentado biológico de <i>Penicillium</i> spp., nas concentrações de 1, 10, 50 e 100 ppm.....	30
Figura 6. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja, para os diferentes tratamentos na concentração de 1 ppm.....	31
Figura 7. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja, para os diferentes tratamentos na concentração de 10 ppm.....	33
Figura 8. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja, para os diferentes tratamentos na concentração de 50 ppm.....	33
Figura 9. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja, para os diferentes tratamentos na concentração de 100 ppm.....	34

Figura 10. Análise de regressão para o óleo essencial VCUR-104 para o controle da severidade de ferrugem asiática em folíolos destacados de soja.	35
Figura 11. Análise de regressão para o óleo essencial Elidia para o controle da severidade de ferrugem asiática em folíolos destacados de soja.	35
Figura 12. Análise de regressão para o óleo essencial de Melaleuca para o controle da severidade de ferrugem asiática em folíolos destacados de soja.	36
Figura 13. Análise de regressão para o óleo essencial Nufar F1 para o controle da severidade de ferrugem asiática em folíolos destacados de soja.	36

SUMÁRIO

1. Introdução	12
2. Revisão Bibliográfica	13
A cultura da soja	13
Ferrugem asiática da soja	14
Óleos essenciais no controle alternativo de fitopatógenos	20
3. Objetivo	22
4. Material e Métodos	23
4.1. Produtos avaliados	23
4.2. Preparo da suspensão de esporos	24
4.3. Ensaio com folhas destacadas	24
4.4. Avaliações	25
5. Resultados e Discussão	26
6. Conclusões	37
7. Referências	37

1. Introdução

A ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* (Syd. & Syd) é uma das principais doenças da cultura (HARTMAN et al. 2015). Os sintomas iniciais são pequenas lesões de coloração castanha a marrom-escura, chamadas de urédias, localizadas principalmente na face inferior dos folíolos, que se rompem liberando os uredósporos e com o avanço da doença, as plantas apresentam clorose e desfolha precoce, comprometendo o enchimento dos grãos e causando severas perdas de produtividade (GODOY et al. 2020).

O manejo integrado de doenças é o principal método para o controle da ferrugem e envolve estratégias de escape e redução do inóculo inicial do fungo, através do vazio sanitário da cultura da soja, da semeadura na época ideal, priorizando o uso de cultivares de ciclo precoce, com a rotação de culturas e o uso de defensivos químicos para redução do inóculo do fungo (GODOY et al. 2020).

O uso intensivo de defensivos agrícolas pode provocar graves desequilíbrios ambientais, resultando na contaminação do solo, recursos hídricos e dos alimentos (FONSECA et al. 2015). Fungicidas sintéticos podem selecionar populações resistentes aos ingredientes ativos utilizados, o que pode agravar os problemas ambientais causados por esses compostos (FRAGOSO et al. 2002). Por isso, o manejo ecológico e sustentável de fitopatógenos deve ser priorizado, com o objetivo de reduzir o uso de defensivos químicos (TALAMINI et al. 2004).

Produtos naturais apresentam menor potencial de contaminação ambiental e oferecem menor risco à saúde dos animais e humanos (SILVA, 2018). Plantas medicinais e aromáticas podem controlar fitopatógenos devido à presença de compostos naturais com ação bactericida (VIGO-SCHULTZ, 2006), fungitóxica (OLIVEIRA et al. 2010) ou capazes de causar a indução de respostas de defesa da planta, através da produção de fitoalexinas, aumento da atividade das proteínas relacionadas à patogênese (PRPs) e da síntese de outros compostos bioquímicos e estruturais de defesa da planta (PEREIRA, 2008).

Os óleos essenciais são compostos naturais provenientes do metabolismo secundário de plantas e compreendem misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, odoríferas e líquidas, que ocorrem em estruturas secretoras especializadas (SIMÕES et al. 2004).

As propriedades antimicrobianas dos óleos essenciais derivam de sua característica lipofílica, que permite a interação entre o óleo e os lipídios das organelas, parede e membrana celular, o que pode alterar a permeabilidade destas estruturas, pode desnaturar e coagular proteínas e interromper processos vitais, como o transporte de elétrons, fosforização e outras reações resultando em perda do controle quimiosmótico, levando a morte celular (BIASI et al. 2009; BONNA, 2012; BAKKALIA et al. 2008).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito dos óleos essenciais de *Melaleuca alternifolia*, *Lippia alba*, *Artemisia annua*, *Varronia curassavica* e *Ocimum basilicum*, do fermentado biológico de *Penicillium* spp., o detergente Zoono[®] Microbe Shield e do fungicida Fox[®] Xpro (BIXAFEN + PROTIOCONAZOL + TRIFLOXISTROBINA), no controle da Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em folíolos destacados de soja (*Glycine max*).

2. Revisão Bibliográfica

A cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem como centro de origem a região da China Antiga e a data de 2838 A.C. como o registro mais antigo encontrado sobre o início de seu cultivo (EMBRAPA, 1987).

Essa leguminosa chegou ao Brasil inicialmente por imigrantes japoneses em 1908, porém, foi oficialmente introduzida em 1914 no Rio Grande do Sul (MEDICE, 2007). Sua expansão pelo território brasileiro ocorreu apenas nos anos 1970, devido ao crescente interesse da indústria pelo óleo vegetal e a demanda do mercado internacional pelo produto (MEDICE, 2007).

Essa cultura foi uma das grandes responsáveis pelo desenvolvimento da agricultura empresarial no Brasil, pela modernização das lavouras e do sistema de transporte, pela expansão da fronteira agrícola e urbanização do país, devido principalmente ao volume físico e financeiro movimentado pela cultura, como também pela administração empresarial necessária por todos os envolvidos na cadeia produtiva, como os produtores, fornecedores de insumos, processadores da

matéria-prima e negociantes (EMBRAPA, 2001; ESCHER, WILKINSON, 2019; CERETTA et al. 2005).

A soja é utilizada para suprir a demanda mundial por óleos vegetais e produção de ração para alimentação animal, é utilizada na indústria alimentícia, farmacêutica e química, por ser rica em proteínas, ácidos graxos (isoflavonas), apresentar efeitos fitoterápicos (prevenção de doenças) e produção de polímeros, biodiesel e emulsificantes (BORGES, 2007).

Devido às condições edafoclimáticas, as áreas situadas entre os paralelos de 20° de latitude Sul e 20° de latitude Norte representam o maior potencial para a produção de soja (BORGES, 2007). O Brasil apresenta condições praticamente ideais, não apenas devido à localização preferencial, mas também em função das condições topográficas e climáticas favoráveis e da disponibilidade de terras e meios tecnológicos (OLIC, 2001).

A produção de grãos de soja para a safra brasileira de 2020/21 está estimada em 135,1 milhões de toneladas, volume 8,2% maior que a safra passada (2019/20), atingindo 38,5 milhões de hectares semeados, área 4,1% maior em relação à safra anterior (CONAB, 2021). Do lado do consumo, são esperados valores de exportações acima de 85,7 milhões de toneladas, motivado pela alta demanda chinesa e pelo percentual já comercializado, que representa mais de 60% do total produzido na safra (CONAB, 2021).

Ferrugem asiática da soja

A ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* (Syd. & Syd) é uma das principais doenças da cultura, pois as plantas são suscetíveis ao patógeno em todos os estádios de desenvolvimento, e as perdas podem atingir até 80% (HARTMAN et al. 1991; KAWUKI et al. 2003; YORINORI, 2006; HARTMAN et al. 2015).

Foi relatada pela primeira vez no Brasil na safra de 2001/02 e afetou mais de 60% das áreas de plantio (YORINORI, 2008). A expansão desse patógeno pelo país está associada ao clima favorável e à extensão da cultura da soja (BERMEJO, 2016).

Por ser um fungo biotrófico obrigatório, necessita do hospedeiro vivo para completar seu ciclo de vida, por isso, sobrevive na entressafra em hospedeiros alternativos, tais como o feijão (*Phaseolus vulgaris var. vulgaris*), fava (*Vicia faba*), trevo (*Alysicarpus vaginalis*), trevo branco (*Trifolium repens*), alfafa (*Medicago spp*) tremoço (*Lupinus spp*), dentre outros, pois este fungo é capaz de infectar cerca de 95 espécies de plantas em mais de 42 gêneros (YORINORI, 2006).

O patógeno está presente em todas as regiões produtoras de soja do Brasil, devido principalmente a longa extensão do território, que apresenta as condições edafoclimáticas para o desenvolvimento da doença (SUMIDA et al. 2015).

A ferrugem da soja foi primeiramente relatada em 1902 no Japão, sendo descrito em diversos países do sudoeste asiático já em 1914 (HENNING, 1903). O primeiro relato no continente americano foi no ano de 1976 em Porto Rico (VAKILI et al. 1976). Na África, foi registrada pela primeira vez em 1980, no Togo, sendo descrita em 2001 na África do Sul e na Nigéria (MAWUENA, 1982; AKINSANMI et al. 2001). Ainda em 2001 foi relatada pela primeira vez no Brasil, logo após ser identificada no Paraguai (YORINORI et al. 2004). Atualmente a doença está presente em todas as principais regiões de cultivo da soja do mundo (SCHNEIDER et al. 2005).

A importância da ferrugem está em função de sua rápida expansão pelas regiões produtoras de soja, por seus danos e pelo seu potencial de provocar perdas na produtividade (YORINORI et al. 2005). Foi identificada na safra de 2014/15 nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso (EMBRAPA, 2014), na safra de 2015/16, já foi identificada nesses três estados e no Mato Grosso do Sul, Goiás, Santa Catarina, Minas Gerais, Tocantins e Rio Grande do Sul (CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM, 2016). Na safra de 2020/21 já foi relatada ocorrendo nestes estados e também na Bahia (CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM, 2021).

O agente causal da ferrugem asiática da soja pertence ao filo Basidiomycota, classe Urediniomycetes, ordem Uredinales e família *Phakopsoraceae* e gênero *Phakopsora* (PASSINI, 2007). Duas espécies pertencem a este gênero, a *P. meibomiae* e *P. pachyrhizi*, ambas consideradas biotróficas, ou seja, necessitam da célula hospedeira viva para completar seu ciclo (PASSINI, 2007).

Phakopsora meibomiae é proveniente do continente americano e infecta áreas desde Porto Rico no Caribe, até o sul do Brasil, em altitudes superiores a

800m, porém, essa espécie dificilmente causa danos econômicos e ocorre em temperaturas amenas, abaixo de 25 °C, com alta umidade (BORGES, 2007). Já a *P. pachyrhizi*, é mais agressiva, pois pode reduzir drasticamente a produtividade e se expandir rapidamente no campo, está presente na maioria dos países asiáticos, na Austrália, na África (Zâmbia, Zimbábue e África do Sul).

As duas espécies podem ser diferenciadas através da análise morfológica dos teliósporos (ONO et al. 1992). Os esporos de *P. pachyrhizi* são organizados em duas a sete camadas e suas paredes apresentam coloração marrom amarelado pálido, com espessura relativamente uniforme de um mm e podem ser levemente mais grossas nas células das camadas apicais, com até três mm de espessura (PASSINI, 2007). Os teliósporos de *P. meibomiae* são organizados de uma a quatro camadas (raramente cinco), com paredes de coloração que variam de canela a castanho claro, com 1,5 a 2,0 mm de espessura e até seis mm na camada apical (CARVALHO JUNIOR et al. 2000). A diferenciação mais utilizada atualmente é através da análise de DNA, seguindo metodologia desenvolvida por Frederick et al. (2002) (YORINORI et al. 2004b).

Temperaturas entre 15° a 28°C, umidade relativa do ar entre 75 a 80%, com precipitação e longos períodos de molhamento foliar (10 a 12 horas) ocorrendo por toda a safra promovem a infecção (SINCLAIR et al.1989). Os uredósporos podem germinar e penetrar no tecido entre temperaturas de 8° a 28°C, e podem germinar de três a seis horas sob temperaturas entre 14° a 29°C (HARTMAN et al. 1999).

A ferrugem asiática da soja pode ocorrer em qualquer estágio fenológico da cultura, porém, está tipicamente associada a plantas próximas ou em plena floração (AZEVEDO et al. 2007). As primeiras lesões do fungo (pústulas) podem ser visíveis cinco a sete dias após a inoculação (GODOY et al. 2004).

Os sintomas típicos da doença são lesões, também chamadas de pústulas (urédias), de coloração marrom-avermelhadas (reação tipo RB - reddish-brown), sem ou com poucos esporos, característica de uma reação de resistência (MILES et al. 2011). Também podem ser formadas lesões amareladas (reação tipo TAN), característica de genótipos suscetíveis e apresentam mais urédias e maior nível de esporulação que lesões RB (MILES et al. 2011). Essas lesões desenvolvem-se em maior quantidade na face inferior (abaxial) do folíolo, podem assumir formato

poligonal e eventualmente atingem tamanho de 2-5 mm² (TSCHANZ, 1989; REIS et al. 2006).

A infecção pelo fungo causa rápida clorose e queda prematura das folhas, mas podem ocorrer nos pecíolos, vagens e ramos, comprometendo a plena formação dos grãos (BERMEJO, 2016). A desfolha precoce diminui o tamanho dos grãos e conseqüentemente reduz a produtividade e qualidade da cultura (MEDICE, 2007). Pode causar o aborto e queda das vagens, quando ocorre em alta severidade nessa fase do desenvolvimento da planta (HENNING et al. 2006).

Os sintomas iniciais da ferrugem podem ser confundidos com as lesões iniciais de mancha-parda ou septoriose (*Septoria glycines*), devido à formação de um halo amarelado ao redor da lesão necrótica (YORINORI, 2003). A pústula bacteriana, causada por *Xanthomonas campestris pv. glycines* também apresenta sintomas que podem ser confundidos com a ferrugem, assim como o crestamento causado por *Cercospora kikuchii*, principalmente em infecções mais avançadas (ZAMBENEDETTI, 2005).

O ciclo de vida das ferrugens pode ser dividido em cinco estágios diferentes de desenvolvimento, os quais são: estágio "0", caracterizado pela formação de espermogônios produtores de espermásias (n) e hifas receptivas (n); estágio "I", quando aécias formam aeciosporos (n + n); estágio "II", quando uredias produzem urediniósporos (n + n); estágio "III", caracterizado por télias formando teliósporos (n + n = 2n); e estágio "IV", quando basídias produzem basidiósporos (n) (ALEXOPOULOS et al. 1996).

Entretanto, somente os estádios uredinial e telial foram observados em *P. pachyrhizi*, por isso não se sabe ao certo se os outros estágios de desenvolvimento são produzidos por esse fungo (MEDICE, 2007). Os estágios II (uredinial) e III (telial) podem ser facilmente confundidos entre si (GREEN, 1984).

Durante o desenvolvimento da cultura, os uredósporos de *P. pachyrhizi* são formados por vários ciclos de esporulação e são facilmente disseminados pelo vento, água ou pelo homem para folhas de plantas próximas ou a longas distâncias (BERMEJO, 2016).

A penetração de *P. pachyrhizi* no tecido do hospedeiro é diretamente através da cutícula, ao contrário dos outros fungos causadores de ferrugem, os quais penetram através de aberturas naturais, como os estômatos (KOCH et al. 1983). Em

condições ambientais favoráveis ocorre o desenvolvimento do tubo germinativo e posteriormente do apressório, estrutura responsável pela penetração, no interior do tecido do hospedeiro há a formação do haustório, o qual estabelece a relação patógeno-hospedeiro (BERMEJO, 2016).

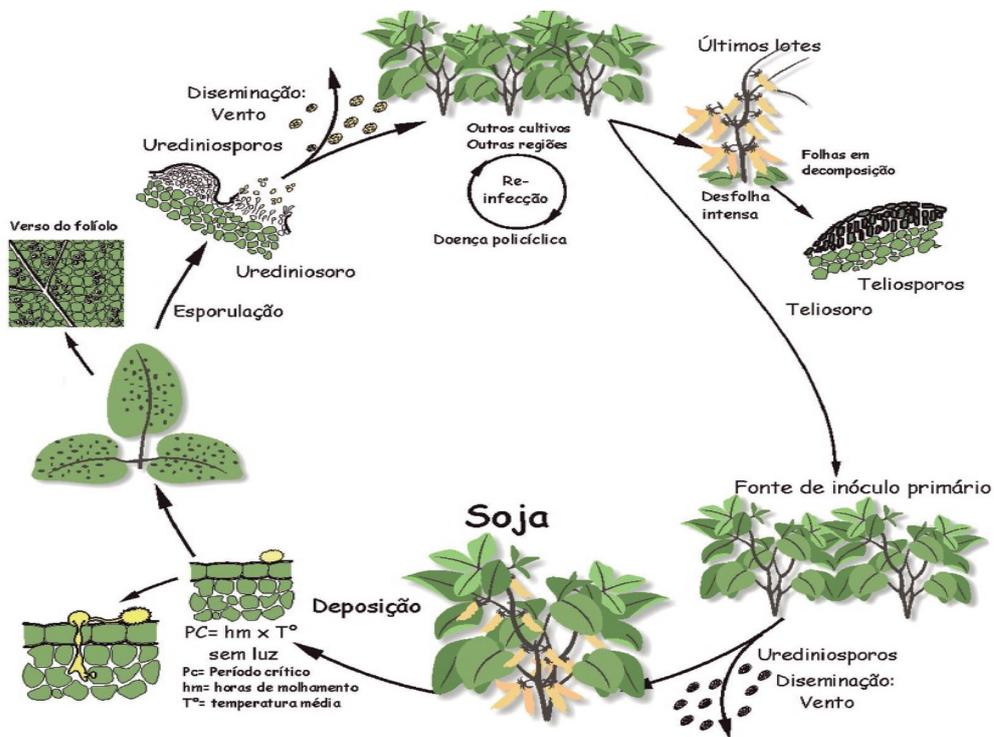


Figura 1. Ciclo biológico da ferrugem asiática da soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi* em plantas de soja. Fonte: Adaptado de REIS et al. 2006.

Por ser uma doença de difícil controle, as estratégias de manejo recomendadas no Brasil envolvem o escape e a redução do inóculo do fungo, através da eliminação de plantas de soja na entressafra por meio do vazio sanitário (GODOY et al. 2020b). O escape ao patógeno pode ser feito com o uso de cultivares de ciclo precoce, semeadas no início da época recomendada e com janelas de semeadura curtas, para reduzir o número de aplicações de fungicidas ao longo da safra, com o objetivo de tentar atrasar a seleção de populações do fungo resistentes ou menos sensíveis a estes defensivos químicos, os quais podem ser aplicados preventivamente ou no aparecimento dos sintomas (GODOY et al. 2020b).

O vazio sanitário é capaz de atrasar o início da infecção do fungo nas lavouras de soja brasileira, pois os primeiros relatos no site do Consórcio

Antiferrugem nos últimos anos ocorrem nos meses de novembro, dezembro e em alguns estados somente em janeiro, o que evidencia o escape da doença nas primeiras semeaduras (GODOY et al. 2020b). Esse atraso diminui a ocorrência da ferrugem nos estádios iniciais do desenvolvimento da cultura, o que reduz o número de aplicações de fungicidas necessárias para o seu controle (GODOY et al, 2017).

O início do monitoramento da ferrugem deve ser realizado a partir da emissão das primeiras folhas no estágio vegetativo, já que a doença pode ocorrer em qualquer estágio fenológico da cultura e deve ser principalmente feito no terço inferior das plantas, por ser a região de início da infecção (EMBRAPA, 2004; YORINORI et al. 2003b).

De acordo com Godoy et al. (2020c), as estratégias de controle químico podem ser classificadas de acordo com o espectro de ação dos fungicidas em sítio-específicos ou multissítios.

O fungicida sítio-específico atua em poucos pontos do metabolismo do patógeno, ou em uma única enzima ou proteína necessária para o fungo (GODOY et al. 2020c). A toxicidade específica desses compostos tende a conferir propriedade sistêmica e estão mais propensos a selecionarem populações resistentes, pois uma única mutação do patógeno pode reduzir a sensibilidade ao ingrediente ativo (McGRATH, 2004). Os fungicidas multissítios são aqueles que atuam em vários pontos do metabolismo do patógeno, com ação em diferentes vias metabólicas do fungo e por isso apresentam baixo risco de resistência (McGRATH, 2004).

De acordo com o Consórcio Antiferrugem (2021b), são utilizados fungicidas de três grupos químicos distintos no controle da ferrugem: os Inibidores de desmetilação (IDM, "triazóis"), os Inibidores da Quinona externa (IQe, "estrobilurinas") e os Inibidores da Succinato Desidrogenase (ISDH, "carboxamidas").

O mecanismo de ação dos triazóis afeta a biossíntese do ergosterol, pela inativação do processo da demetilação do lanosterol do fungo, com ação protetora curativa (NASCIMENTO et al. 2012). As estrobilurinas causam a inibição da respiração mitocondrial do fungo (NASCIMENTO et al. 2012).

O uso intensivo destes fungicidas isolados selecionou populações de *P. pachyrhizi* resistentes a estes compostos, por isso, apenas a mistura de diferentes ingredientes ativos é recomendada desde 2008, sendo a formulação triazol +

estrobilurina a associação mais utilizada para o controle deste patógeno (CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM, 2021b; YORINORI et al. 2003).

Devido à ampla utilização, foi relatada a resistência de *P. pachyrhizi* a estes grupos químicos, com a necessidade de novas alternativas para o manejo desta doença (CASTRO JUNIOR, 2020). Neste sentido, a carboxamida pode ser utilizada na rotação de ingredientes ativos, pois é uma molécula diferente das utilizadas, com importante papel no manejo de resistência (CASTRO JUNIOR, 2020).

A carboxamida apresenta ação protetora, pois inibe a formação de moléculas de ATP através da inibição da enzima succinato desidrogenase, causando a inibição da germinação dos esporos, desenvolvimento e penetração dos tubos germinativos dos patógenos (NASCIMENTO et al. 2012). Essa molécula pode ser utilizada juntamente com outros grupos químicos, como triazóis e estrobilurinas, sendo uma importante estratégia no manejo da resistência, pois cada ingrediente ativo atua em diferentes pontos no metabolismo do patógeno (BELUFI et al. 2015).

Óleos essenciais no controle alternativo de fitopatógenos

Produtos naturais podem ser utilizados como uma alternativa sustentável aos defensivos agrícolas sintéticos, pois apresentam menor potencial de contaminação ambiental e oferecem menor risco à saúde dos animais e humanos (SILVA, 2018).

Plantas medicinais e aromáticas podem controlar fitopatógenos devido à presença de compostos naturais com ação bactericida (VIGO-SCHULTZ, 2006), fungitóxicos (OLIVEIRA et al. 2010) ou capazes de causar a indução de respostas de defesa da planta, através da produção de fitoalexinas, aumento da atividade das proteínas relacionadas à patogênese (PRPs) e da síntese de outros compostos bioquímicos e estruturais de defesa da planta (PEREIRA, 2008).

A indução de resistência em plantas envolve a ativação de mecanismos de defesa já existentes, em resposta ao tratamento com agentes eliciadores, os quais são moléculas de origem biótica ou abiótica, capazes de ativar ou induzir qualquer resposta de defesa nas plantas, os quais impedem a penetração e subsequente colonização do patógeno em seus tecidos (SMITH, 1996; EBRAHIM et al. 2011; STANGARLIN et al. 1999).

Os óleos essenciais são compostos naturais provenientes do metabolismo secundário de plantas e compreendem misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, odoríferas e líquidas, que ocorrem em estruturas secretoras especializadas (SIMÕES et al. 2004). São constituídos por moléculas de diversas classes de substâncias, sendo as mais frequentes de natureza terpênica, como mono e sesquiterpenos (MORAIS, 2009). Sua principal característica é a volatilidade diferindo-se, assim, dos óleos fixos, que são misturas de substâncias lipídicas, obtidos geralmente de sementes de oleaginosas (BIASI et al. 2009).

Na natureza, esses compostos protegem a planta, devido à ação antibacteriana, antifúngica, inseticidas e também contra a predação de herbívoros, além disso, podem atrair insetos, favorecendo a dispersão de pólen e sementes, e repelir aqueles indesejáveis (SIMÕES et al. 2004). São substâncias de baixa toxicidade, rápida degradação no ambiente, amplo espectro de ação e são obtidos a partir de recursos renováveis (KOBAYASHI et al. 2018).

A composição e o teor dos compostos presentes nos óleos essenciais dependem de uma série de fatores relacionadas à planta, como o órgão utilizado para a extração, idade, estágio fenológico e também em função de fatores ambientais, como o pH do solo, luminosidade, disponibilidade hídrica e diferentes tipos de estresse sofridos durante o ciclo de vida da planta (SILVA et al. 2005).

As propriedades antimicrobianas dos óleos essenciais derivam de sua característica lipofílica, que permite a interação entre o óleo e os lipídios das organelas, parede e membrana celular, interferindo na sua permeabilidade e causando alterações em sua estrutura (BIASI et al. 2009).

A grande variedade dos compostos químicos presentes nos óleos essenciais dificulta a atribuição de um mecanismo de ação específico para a atividade antimicrobiana (BONNA, 2012). Os óleos essenciais podem afetar a estrutura da parede celular do microrganismo, desnaturando e coagulando proteínas, alterar a permeabilidade da membrana plasmática, causando a interrupção de processos vitais, como transporte de elétrons, fosforização e outras reações resultando em perda do controle quimiosmótico, levando a morte celular (BONNA, 2012).

Entretanto, seu uso apresenta algumas limitações, como a baixa disponibilidade da matéria prima, técnicas de produção pouco eficientes, rápida degradação devido à instabilidade dos compostos orgânicos, possibilidade da

presença de substâncias tóxicas nas plantas ou resultantes da decomposição dos produtos durante sua manipulação, falta do controle de qualidade e da regulamentação para seu uso (SANTOS et al. 2013).

Extratos brutos e óleos essenciais de diferentes espécies vegetais apresentam a ação antimicrobiana direta, inibindo o crescimento micelial e a germinação de esporos, como indutora de resistência (GARCIA et al. 2012; TAKATSUKA et al. 2003; SCHWAN-ESTRADA et al. 2005b; BALBI-PENA et al. 2006; PEREIRA et al. 2006; KNAAK et al. 2010).

De acordo com Fonseca et al. (2015), o óleo essencial de alecrim do campo (*Baccharis dracunculifolia*) pode ser usado no controle de fungos como *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* e *Sclerotinia minor*. No estudo conduzido por Silva et al. (2011), o extrato de vagens de fedegoso gigante (*Senna alata*) reduziram significativamente a severidade de macha bacteriana causada por *Xanthomonas axonopodis*.

Stangarlin et al. (1997, 1999) identificaram diferentes componentes no extrato de erva-cidreira, cânfora e alfavaca capazes de inibir o desenvolvimento de *Colletotrichum graminicola*. De acordo com Diniz et al. (2000), os óleos essenciais de tomilho, estragão, manjerição roxo, manjerona e menta citrata inibiram o crescimento de *Sclerotinia minor*, em placas de Petri. O extrato de citronela inibiu o crescimento micelial *in vitro* de *Colletotrichum acutatum* na concentração de 20% (RIOS et al. 2003).

De acordo com Salgado (2001), os óleos essenciais de *Corymbia citriodora*, *Corymbia urophylla* e *Eucalipto camaldulensis* reduziram significativamente o crescimento micelial *in vitro* de *Botrytis cinerea* nas concentrações de 5 e 50 ppm, e inibiu seu desenvolvimento na concentração de 500 ppm.

Medice (2007b) verificou que os óleos essenciais de *Corymbia citriodora*, *Cymbopogon nardus*, *Azadirachta indica* e *Thymus vulgaris*, em concentrações inferiores a 1%, inibiram a germinação *in vitro* dos esporos de *P. pachyrhizi* e reduziram a severidade da ferrugem em casa de vegetação.

3. Objetivo

Objetivou-se avaliar o efeito dos óleos essenciais de *Melaleuca alternifolia*, *Lippia alba*, *Artemisia annua*, *Varronia curassavica* e *Ocimum basilicum*, do fermentado biológico de *Penicillium spp.*, do detergente Zoono® Microbe Shield e do fungicida Fox® Xpro (BIXAFEN + PROTIOCONAZOL + TRIFLOXISTROBINA), no controle da Ferrugem Asiática, causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em folíolos destacados de soja (*Glycine max*).

4. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Micologia e Proteção de Plantas – LAMIP e em casa de vegetação, situados no campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, na cidade de Uberlândia – MG.

4.1. Produtos avaliados

Os óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriço) e *Varronia curassavica* (erva-baleeira) foram obtidos em parceria com a Universidade Federal de Sergipe e foram extraídos pelo método da hidrodestilação em aparelho Clevenger modificado. As folhas recém-coletadas das plantas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 40° C por cinco dias. Depois de secas, amostras de 50g foram destiladas por 140 minutos, em triplicata (EHLERT et al., 2006). Os óleos essenciais foram extraídos de diferentes cultivares de manjeriço e de acessos de erva-baleeira do Banco Ativo de Germoplasma de Plantas Medicinais e Aromáticas da Universidade Federal de Sergipe. Os óleos essenciais de erva-baleeira foram nomeados de acordo com o número do acesso, iniciando com VCUR.

Foram obtidos os óleos essenciais de *Melaleuca* (*Melaleuca alternifolia*), conhecida popularmente como árvore-de-chá, erva-cidreira brasileira (*Lippia alba*) e *Artemisia* (*Artemisia annua*) da marca comercial Bem Te Faz (DJUH Indústria e Comércio de Cosméticos Ltda), adquiridos em um estabelecimento comercial na cidade de Uberlândia - MG.

Foi adquirido em estabelecimentos comerciais na cidade de Uberlândia – MG o fungicida Fox® Xpro (BIXAFEN + PROTIOCONAZOL + TRIFLOXISTROBINA),

fabricado pela Bayer S.A.; e o detergente Zoono® Microbe Shield, fabricado por Zoono Group NZ.

O produto natural Biofac, caracterizado como um fungicida biológico, produzido pela fermentação biológica de *Penicillium spp.* (JULIATTI et al., 2019) foi cedido pelo professor Dr. Fernando Cezar Juliatti (UFU) para ter seu efeito determinado contra *Phakopsora pachyrhizi* neste estudo.

4.2. Preparo da suspensão de esporos

Folíolos de soja com os sintomas típicos da doença foram coletados em uma área comercial próxima à cidade de Uberlândia - MG, armazenadas em sacos plásticos e mantidas em temperatura ambiente. Os folíolos com as lesões bem desenvolvidas foram cortados em pequenos fragmentos, colocados em uma caixa de acrílico (11 x 11 x 3,5 cm) com 0,1 L de água destilada e agitados frequentemente com uma colher. O número de folíolos cortados foi o suficiente para preencher todo o conteúdo de água. Após 15 a 30 minutos, os fragmentos foram separados da água usando uma peneira, formando a suspensão de urediniósporos de *P. pachyrhizi*. A quantidade de esporos foi aferida utilizando uma câmara de Neubauer e ajustava para 10^5 esporos.mL⁻¹.

4.3. Ensaio com folhas destacadas

Foram semeadas em copos plásticos descartáveis contendo substrato comercial sementes de soja da cultivar Soytech™ ST 777 IPRO (BASF S/A), uma variedade de ciclo médio, indicada para abertura de plantio, com robustez radicular, resistente ao nematoide de cisto e suscetível à ferrugem asiática e cultivadas em casa de vegetação.

Os folíolos foram destacados das plantas de soja quando atingiram seu pleno desenvolvimento (quando suas margens não mais se tocavam), durante o estágio fenológico V2, o qual ocorreu aproximadamente 15 dias após a semeadura e foram levados ao laboratório.

Quatro folíolos foram colocados com a face abaxial voltada para cima em uma caixa de acrílico (11 x 11 x 3,5 cm) sobre duas folhas de papel toalha umedecidas

com água destilada. A suspensão de esporos de ferrugem asiática da soja, preparada na concentração de 10^5 esporos.mL⁻¹, foi aplicada sobre os folíolos utilizando um borrifador manual.

Os óleos essenciais e os defensivos químicos foram separadamente diluídos em água destilada com Tween 20 (0,1% v/v), nas concentrações de 1, 10, 50 e 100 partes por milhão (ppm) por meio da diluição em série e aplicados sobre os folíolos logo após a inoculação, utilizando um borrifador manual.

Cada tratamento consistiu de um produto diluído em quatro concentrações (0, 10, 50 e 100 ppm) e quatro repetições por concentração, sendo a testemunha formada apenas por água destilada, com o delineamento inteiramente casualizado em um esquema fatorial de 14 produtos x 4 concentrações + 1 adicional (água destilada).

4.4. Avaliações

As avaliações foram realizadas visualizando os sintomas formados na parte abaxial dos folíolos e os comparando com a escala diagramática para níveis de severidade da doença proposta por Godoy et al. 2006. A primeira avaliação foi realizada após a formação das primeiras lesões, o que ocorreu por volta de 20 dias após a inoculação. A segunda e terceira avaliação foram realizadas 7 e 14 dias após a primeira e segunda avaliação, respectivamente.

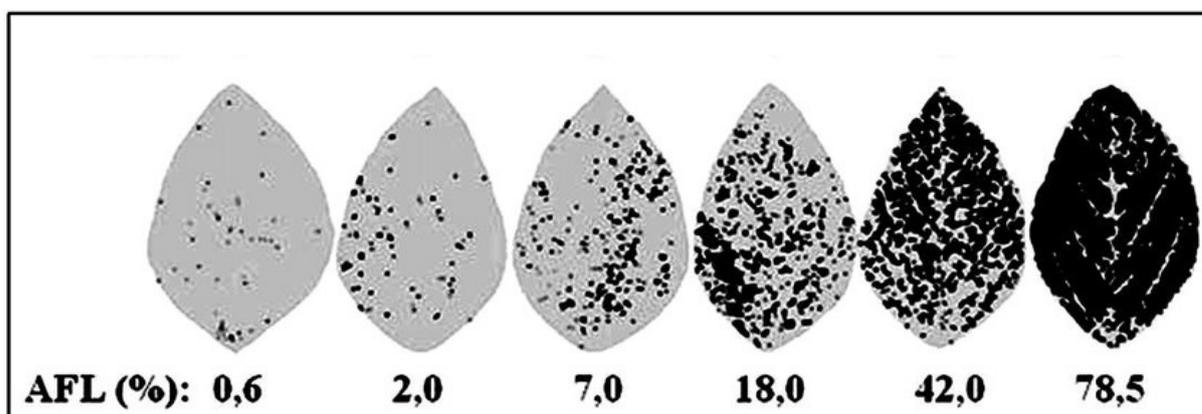


Figura 2. Escala diagramática para os níveis de severidade da ferrugem asiática da soja (GODOY et al., 2006).

Os dados da severidade foram integrados usando-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), calculados pela metodologia desenvolvida por SHANER e FINNEY (1977), utilizando a expressão:

$$AACPD = \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} [(y_i + y_{i+1})/2] * (t_{i+1} - t_i) \right\}$$

Onde, y_i e y_{i+1} correspondem às porcentagens de área foliar lesionada observadas nas avaliações i e $(i+1)$; t_i e t_{i+1} correspondem ao tempo considerado nos dias i e $(i+1)$; e n , ao número total de avaliações.

As análises foram realizadas no software The R Project for Statistical Computing, utilizando o pacote ExpDes.pt (FERREIRA et al. 2021). As variáveis significativas no teste F, da análise de variância, foram comparadas pelo teste Skott Knott ($P \leq 0,05$) e os Figuras foram plotados no programa Microsoft® EXCEL 2010.

5. Resultados e Discussão

Os óleos essenciais reduziram a severidade da ferrugem asiática da soja em relação à testemunha (apenas água destilada). Os valores da severidade ao longo do período de avaliação foram plotados em Figuras e a curva de progresso da doença foi obtida.

Em relação ao fungicida Fox® Xpro (Figura 3), a concentração de 1 ppm apresentou a maior severidade dentre as concentrações no decorrer das três datas de avaliação (7, 14 e 21 dias após o aparecimento dos sintomas), seguida da concentração de 10 ppm. Já as concentrações de 50 e 100 ppm obtiveram os valores de severidade muito próximos, exercendo o maior efeito no controle da doença.

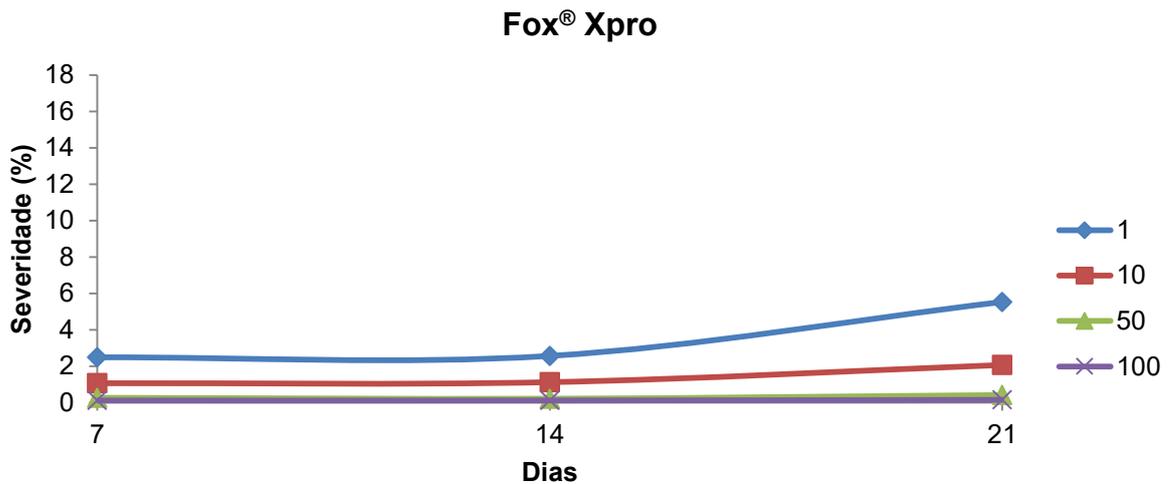


Figura 3. Severidade média da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja submetidos ao fungicida Fox® Xpro, nas concentrações de 1, 10, 50 e 100 ppm.

Fox® Xpro apresenta três diferentes ingredientes ativos (BIXAFEN + PROTIOCONAZOL + TRIFLOXISTROBINA), atingindo diferentes pontos do metabolismo do patógeno. A dose recomendada desse fungicida para a cultura da soja é de 0,5 L.ha⁻¹, aplicado em 70 L.ha⁻¹ de volume de calda, nestas condições, a dose recomendada é de 7145 ppm. Entretanto, esse produto reduz a severidade da doença em concentrações menores que a recomendada em condições controladas.

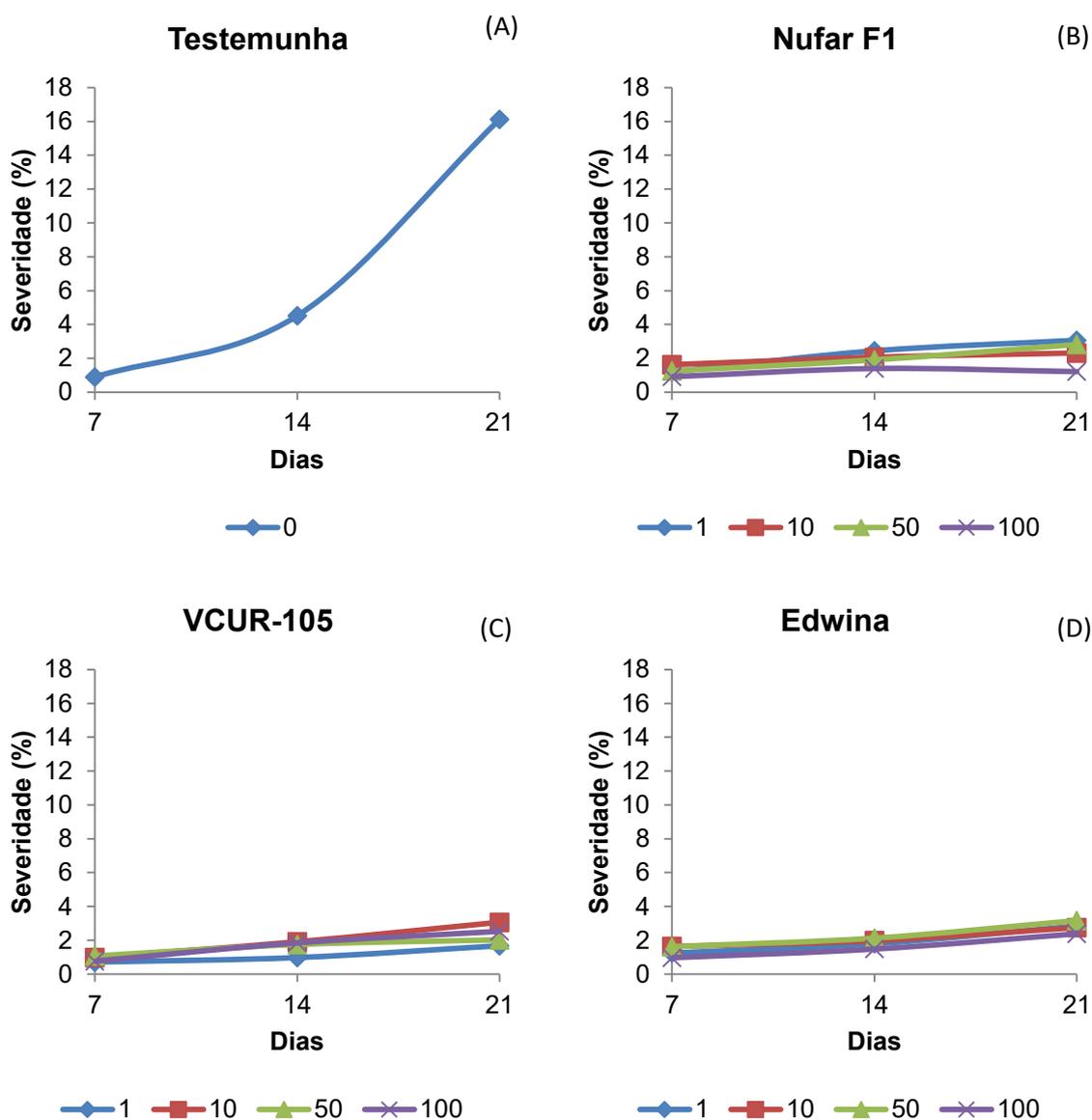
No trabalho conduzido por Godoy et al. (2020) na safra 2019/20, esse defensivo agrícola apresentou uma das menores severidades e maiores porcentagens de controle para a ferrugem asiática da soja dentre os fungicidas testados. Além disso, esse produto foi responsável por garantir uma das maiores produtividades dentre os diferentes tratamentos com fungicidas comerciais.

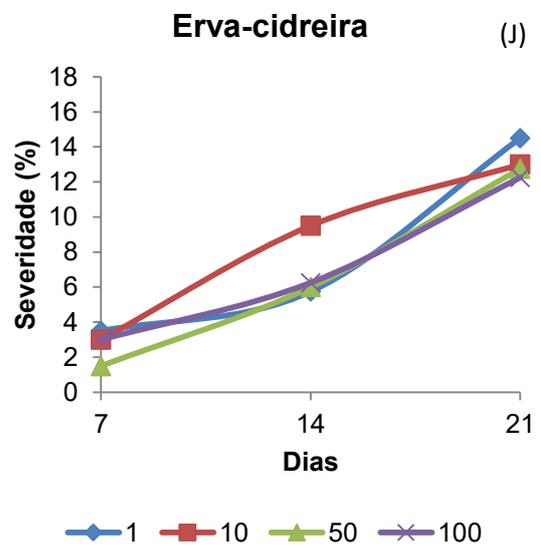
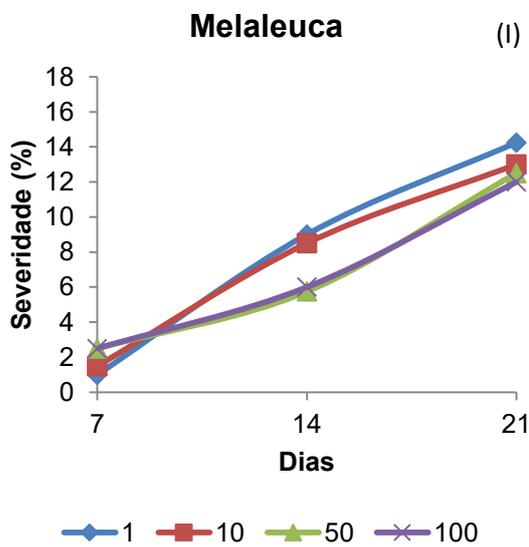
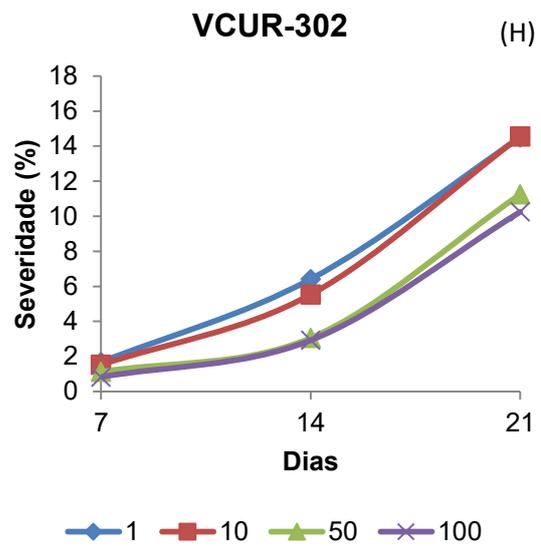
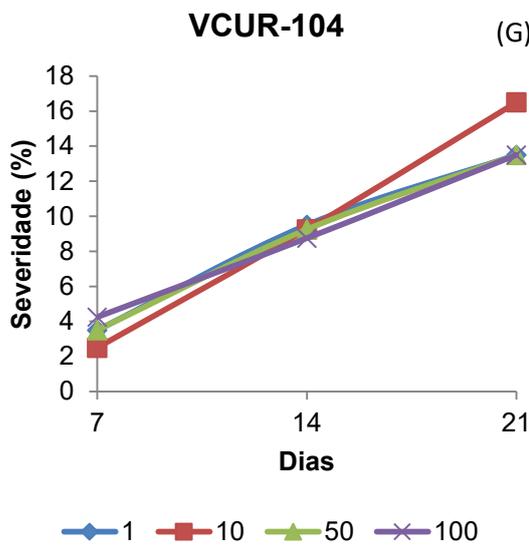
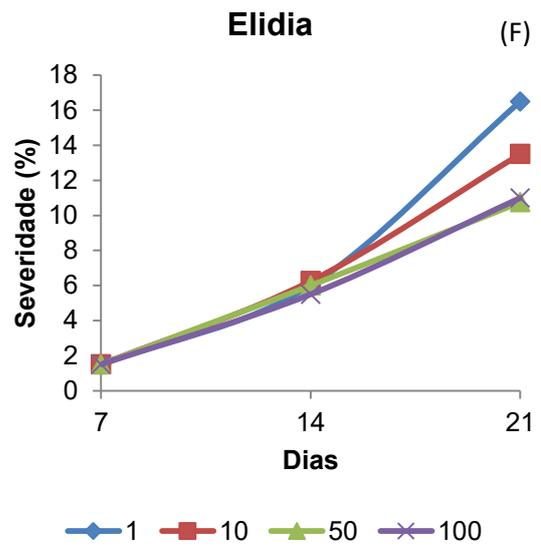
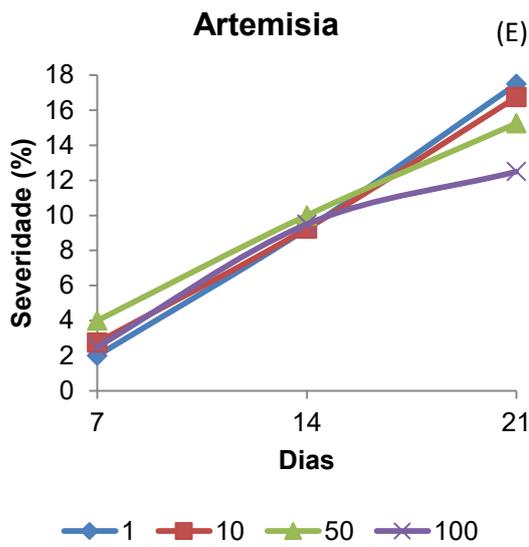
Em relação aos óleos essenciais (Figura 4), houve grande variação no controle da doença, principalmente devido às diferenças na composição e no teor dos compostos presentes nestes produtos naturais (SILVA et al. 2005). A testemunha, composta somente por água destilada, apresentou acentuada evolução da doença ao longo do experimento, principalmente na última semana de avaliação.

Os óleos essenciais VCUR-105, Edwina e Nufar F1 apresentaram a maior redução da severidade da doença dentre os produtos naturais (Figura 4). Costa et al. (2011) relacionaram a atividade antifúngica de óleos essenciais com a sua hidrofobicidade, a qual os permitem interagir com os lipídios da parede, membrana

celular e da mitocôndria, alterando a permeabilidade e causando distúrbios nessas estruturas.

Stangarlin et al. (1999) evidenciaram a importância do óleo de manjerição no controle de fitopatógenos, pois obtiveram 100% de inibição do crescimento micelial de algumas espécies dos gêneros *Phytophthora*, *Sclerotium*, *Colletotrichum*, *Rhizoctonia* e *Alternaria*, com óleos essenciais de manjerição, nas alíquotas de 20, 40, 100, 500 e 1.000 mL.





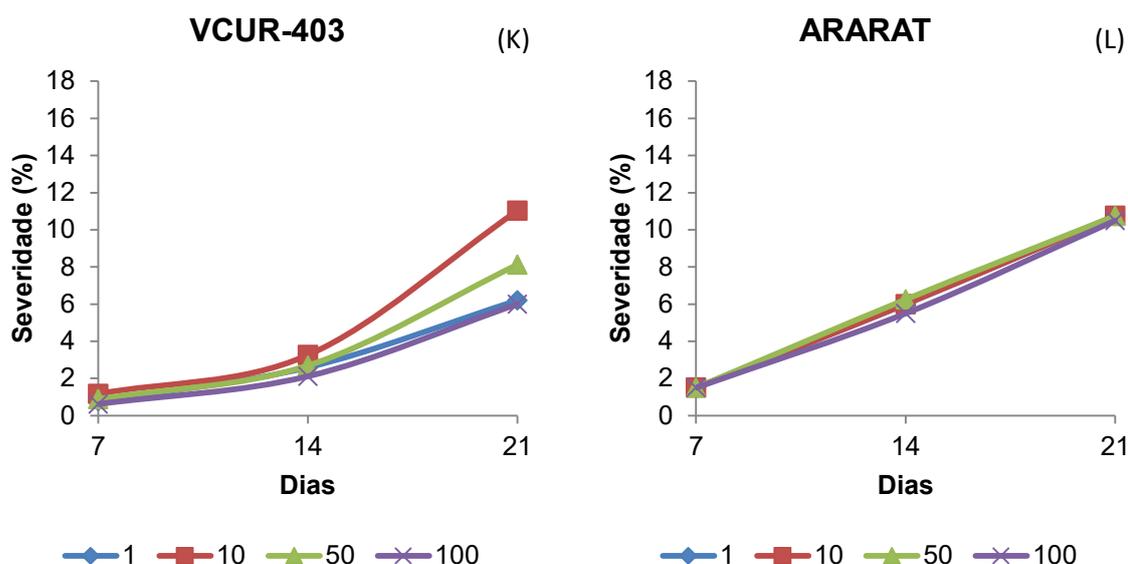


Figura 4. Severidade média da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja submetidos aos óleos essenciais nas concentrações de 1, 10, 50 e 100 ppm e a testemunha (água destilada).

Zoono[®] apresentou menor redução da severidade em relação aos óleos essenciais (Figura 5) e o Biofac apresentou menor controle da severidade da doença em relação aos óleos essenciais (Figura 5), exceto em relação ao óleo de Artemísia.

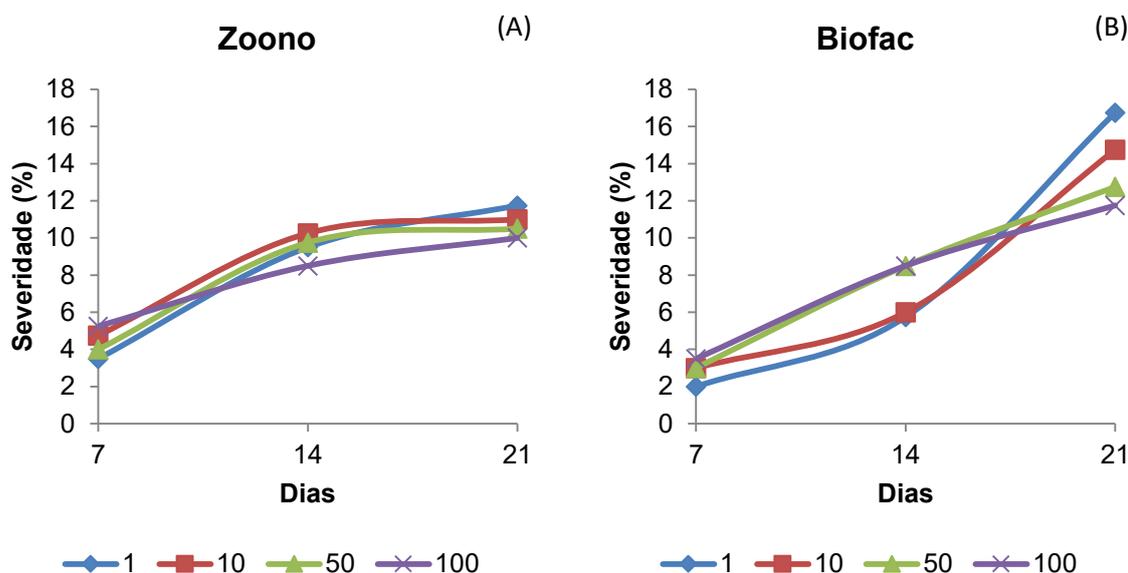


Figura 5. Severidade média da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja submetidos tratamento com o detergente Zoono[®] Microbe Shield e o fermentado biológico de *Penicillium* spp., nas concentrações de 1, 10, 50 e 100 ppm.

Os valores da severidade foram integrados utilizando a expressão de SHANER e FINNEY (1977) e os valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foram obtidos.

Na concentração de 1 ppm (Figura 6), os óleos essenciais de erva-baleeira VCUR-105, manjerição Edwina e Nufar F1 apresentaram o maior controle da severidade da doença dentre os diferentes produtos avaliados, seguidos do fungicida Fox® Xpro e o óleo do acesso VCUR-403.

Segundo Nizio (2015), a redução do crescimento micelial proporcionada pelos óleos essenciais de erva-baleeira pode ser devido à presença dos compostos majoritários canfeno, triciclono, E-cariofileno e 7-ciclodocen-1-ona,7-metil-3-metileno-10-(1-propil). Porém, outros compostos em menores concentrações podem potencializar o efeito antifúngico do óleo essencial, como também podem reduzir sua toxicidade, favorecendo a sobrevivência do fungo.

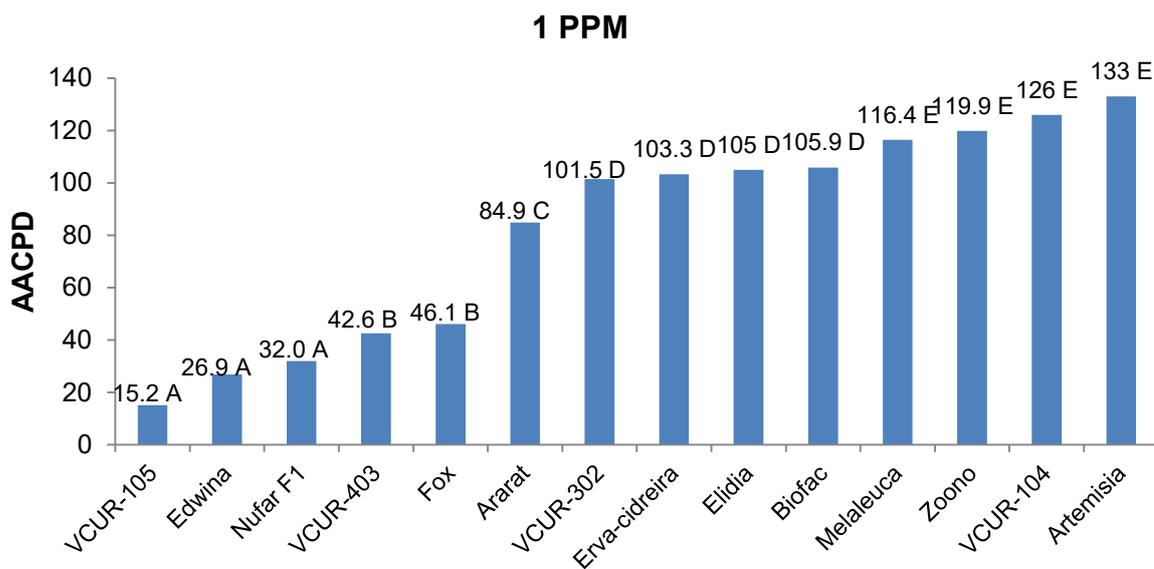


Figura 6. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja, para os diferentes tratamentos na concentração de 1 ppm. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Esse resultado indica que os óleos essenciais podem obter *in vitro* maior redução da severidade quando aplicado em baixas concentrações, em comparação ao fungicida. Além disso, o uso de fungicidas em concentrações menores que as

recomendadas podem favorecer a seleção de indivíduos resistentes e reduzir a vida útil destas moléculas.

De acordo com Gomes et al. (2016), o óleo essencial de manjerição apresentou a máxima redução do crescimento micelial de *Fusarium* spp. quando utilizado na concentração de 2 mL.L⁻¹ de água destilada e esterilizada, a maior concentração utilizada em seu trabalho.

Os óleos essenciais VCUR-302, erva-cidreira, Elidia, Melaleuca, VCUR-104 e Artemísia, assim como o Zoono® e Biofac apresentaram o menor controle da doença na concentração de 1 ppm.

Anaruma et al. (2010) observaram total inibição do crescimento micelial do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, quando utilizaram 0,3 mg.mL⁻¹ do óleo essencial de erva-cidreira (*Lippia alba*). Porém, Tagami et al. (2009) testaram a fungitoxicidade de extratos de erva-cidreira no desenvolvimento dos fungos *R. solani* e *S. rolfsii* e destacaram baixas taxas de redução do crescimento.

Na concentração de 10 ppm (Figura 7), o fungicida Fox® Xpro e os óleos essenciais VCUR-105, Nufar F1 e Edwina apresentaram a maior redução da severidade da doença. Esse resultado indica que os óleos essenciais apresentaram o mesmo efeito no controle do desenvolvimento da doença que o fungicida nessa concentração, porém, esses compostos naturais não apresentam o risco de selecionar populações resistentes.

As propriedades antifúngicas e antimicrobianas dos óleos essenciais são atribuídas à presença dos compostos fenólicos e terpenóides que estão em sua composição (GILLES et al., 2010). Esses compostos causam danos nas paredes celulares de fungos fitopatogênicos e extravasam o conteúdo celular (OLIVEIRA et al., 2011) e a oxidação de lipídeos (MONTANARI et al., 2012).

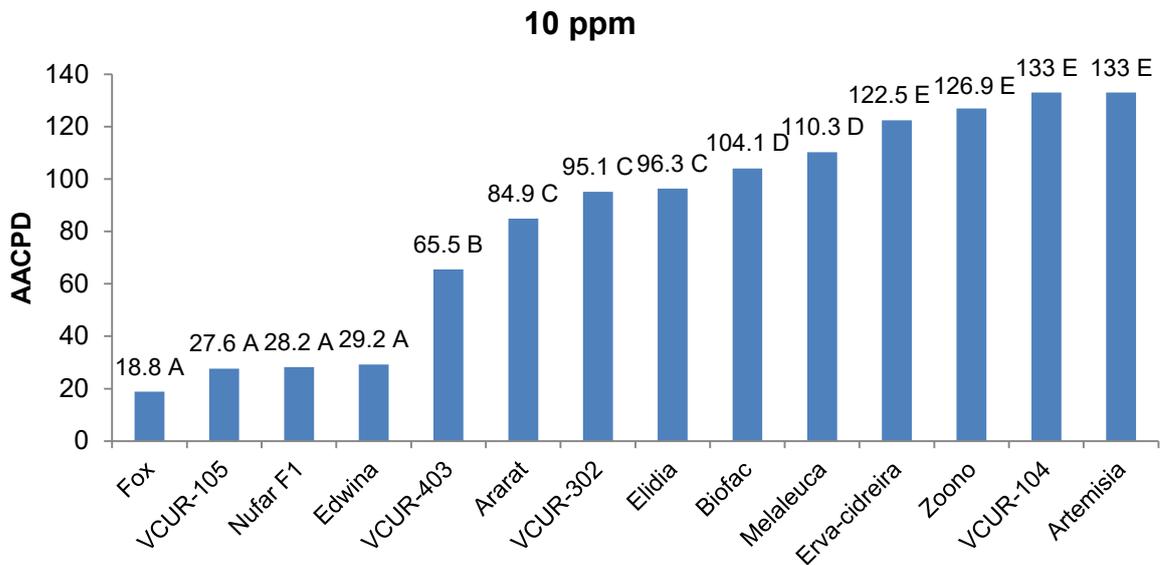


Figura 7. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja, para os diferentes tratamentos na concentração de 10 ppm. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Na concentração de 10 ppm, os óleos essenciais de erva-cidreira, VCUR-104 e Artemísia, assim como o detergente Zoono, apresentaram a menor redução da severidade da ferrugem asiática, sendo pouco eficazes no controle desta doença.

Nas concentrações de 50 e 100 ppm (Figuras 8 e 9, respectivamente), o fungicida Fox[®] Xpro apresentou a maior eficiência no controle da severidade da ferrugem, seguido dos óleos essenciais de VCUR-105, Nufar F1 e Edwina. Nessas concentrações, os óleos essenciais de Artemísia, VCUR-104, o fermentado de *Penicillium* spp. (Biofac) e o detergente Zoono[®] apresentaram o menor efeito no controle do desenvolvimento da doença.

Silva et al. (2014) observaram alterações degenerativas, como a lise das paredes de hifas e encolhimento dos conídios e conidióforos, causadas pela aplicação do óleo essencial de erva-baleeira na concentração de 0,25% (v/v) em *Oidium eucalypti*.

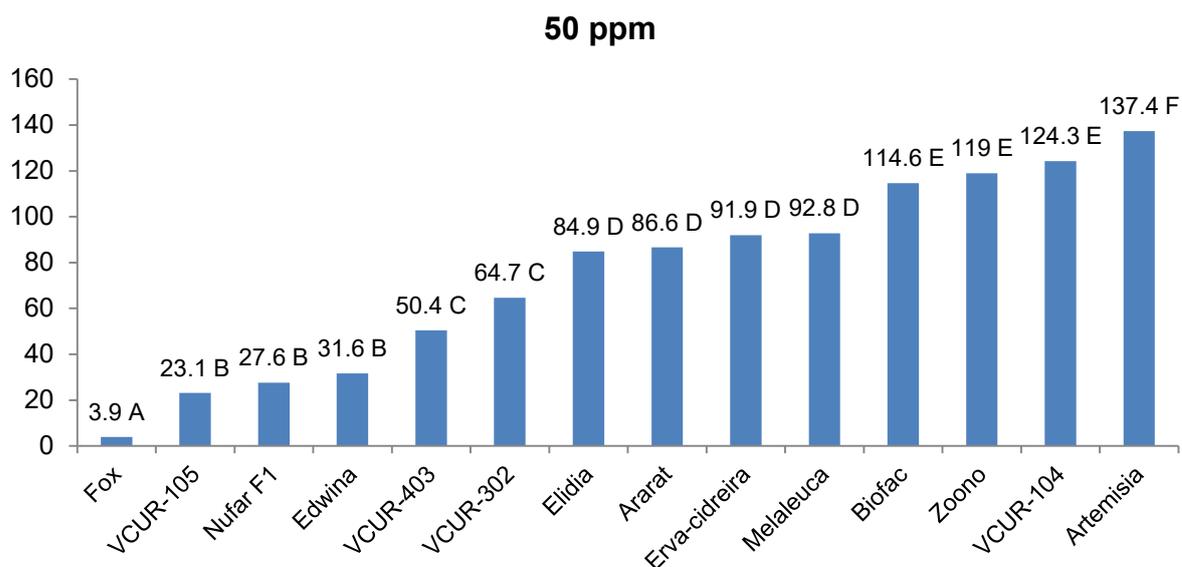


Figura 8. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja, para os diferentes tratamentos na concentração de 50 ppm. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

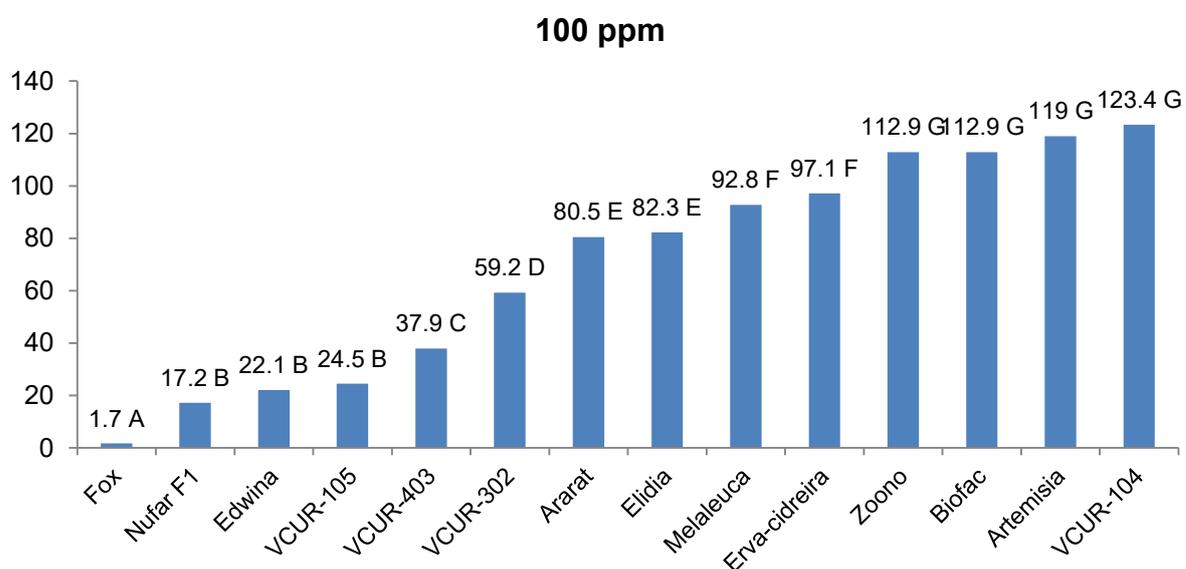


Figura 9. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja, para os diferentes tratamentos na concentração de 100 ppm. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Foi realizada a análise de regressão para as concentrações dos óleos essenciais. Apenas as que se adequaram ao modelo linear ou polinomial foram plotados, por isso, não há imagens para todos os produtos.

Para o óleo VCUR-302 (Figura 10), houve a redução da severidade da doença com o aumento da concentração, porém, a partir de 60 ppm a redução da severidade se tornou constante até a concentração final de 100 ppm. Por isso, concentrações acima de 60 ppm não aumentaram o controle da doença para esse produto.

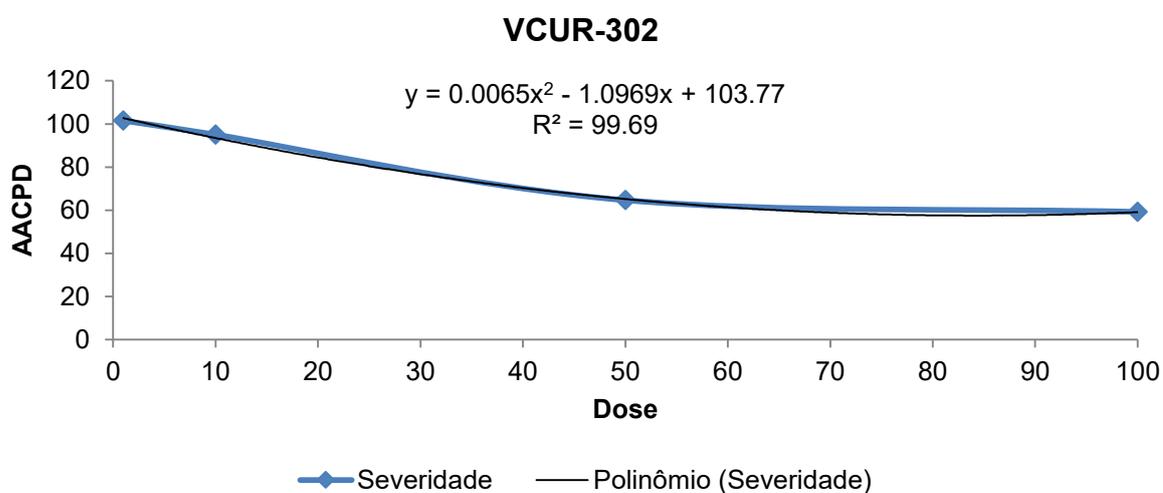


Figura 10. Análise de regressão para o óleo essencial VCUR-104 para o controle da severidade de ferrugem asiática em folíolos destacados de soja.

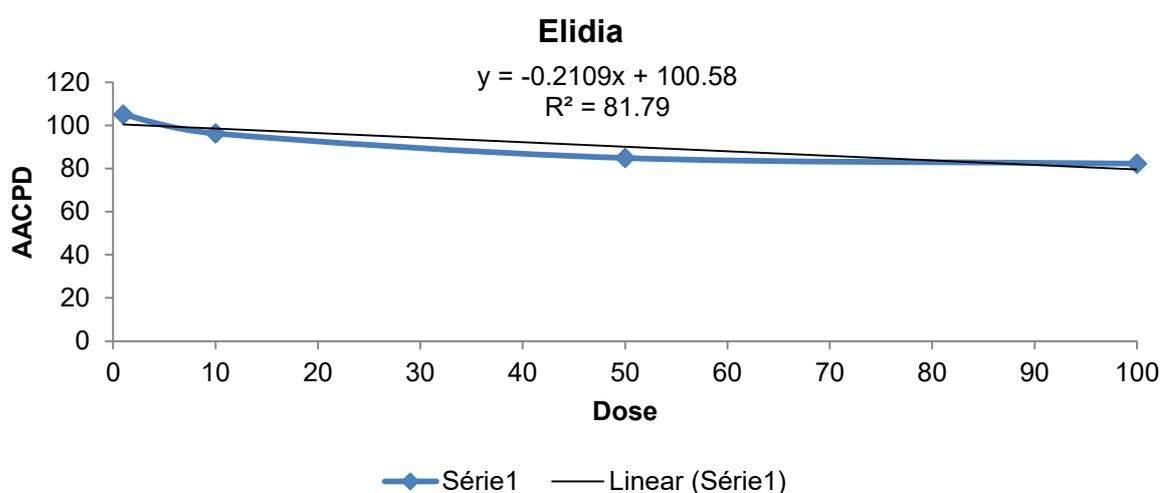


Figura 11. Análise de regressão para o óleo essencial Elidia para o controle da severidade de ferrugem asiática em folíolos destacados de soja.

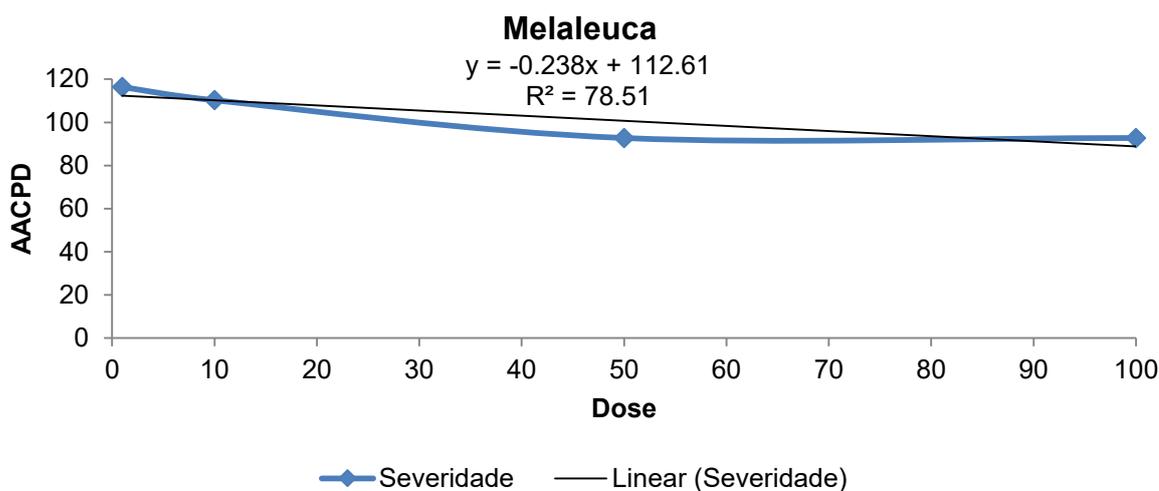


Figura 12. Análise de regressão para o óleo essencial de Melaleuca para o controle da severidade de ferrugem asiática em folíolos destacados de soja.

Para os óleos essenciais de Melaleuca e Elidia (Figuras 11 e 12, respectivamente), houve a redução linear da severidade da doença com o aumento das concentrações, assim, houve o aumento do efeito desses produtos sobre o controle da doença com o aumento da concentração.

Para o óleo essencial Nufar F1 (Figura 13), o aumento da concentração reduziu a severidade da doença de maneira linear, por isso, o aumento da concentração desse produto pode aumentar o controle da ferrugem asiática da soja.

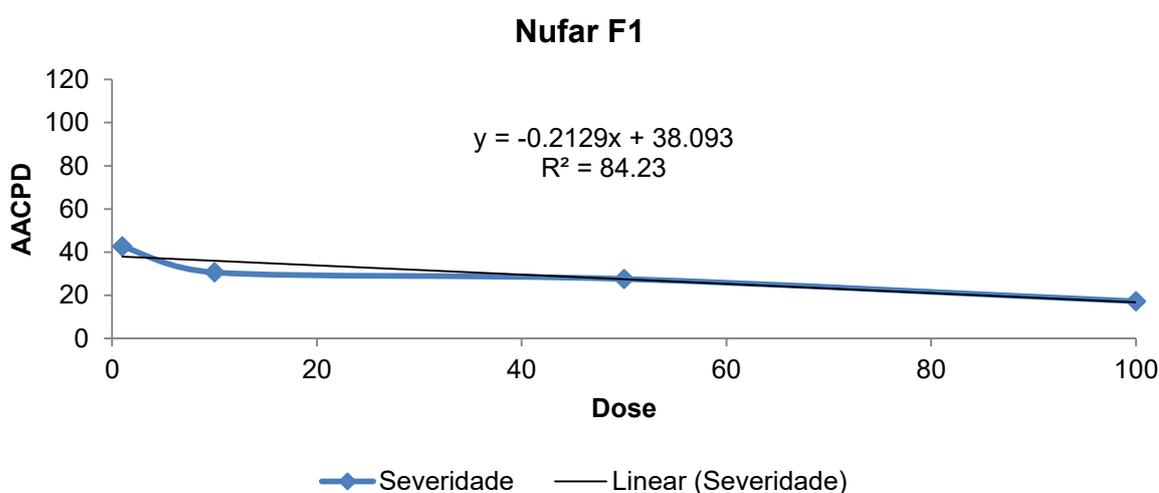


Figura 13. Análise de regressão para o óleo essencial Nufar F1 para o controle da severidade de ferrugem asiática em folíolos destacados de soja.

6. Conclusões

O efeito dos óleos essenciais de erva-baleeira acesso VCUR-105 e manjerição das cultivares Edwina e Nufar F1 foi similar ao fungicida nas concentrações de 1 e 10 ppm, além disso, reduziram a severidade da doença nas concentrações de 50 e 100 ppm.

Biofac e Zoono[®] Microbe Shield não apresentaram efeito na redução da severidade da doença.

São necessários mais estudos em casa de vegetação e em campo para elucidar o efeito dos óleos essenciais sobre o controle da ferrugem asiática da soja.

7. Referências

AKINSANMI, O. A.; LADIPO J. L.; OYEKAN P. O. First report of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Nigeria. **Plant Disease**, [s.l.] 85(1):97, 2001.

ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W.; BLACKWELL, M. **Introductory Mycology**. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.

ANARUMA, N. D.; SCHMIDT, F. L.; DUARTE, M. C. T.; FIGUEIRA, G. M.; DELARMELENA, C.; BENATO, E. A.; SATORATTO, A. Control of *Colletotrichum gloeosporioides* (penz.) Sacc. in yellow passion fruit using *Cymbopogon citratus* essential oil. **Brazilian Journal of Microbiology**, [s.l.] v. 41, p. 66-73, 2010.

AZEVEDO, L.A.S.; JULIATTI, F.C.; BARRETO, M. Resistência de genótipos de soja à *Phakopsora pachyrhizi*. **Summa phytopathologica**, [s.l.] 33:252-257, 2007.

BAKKALIA, F. et al. Biological effects of essential oils: a review. **Food and Chemical Toxicology**, [s.l.] v. 46, p. 446-475, 2008.

BALBI-PENA, M. I.; BECKER, A.; STANGARLIN, J. R.; FRANZENER, G.; LOPES, M. C.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Controle de *Alternaria solani* em tomateiro por extratos de *Cúrcuma longa* e curcumina – I. Avaliação *in vitro*. **Fitopatologia Brasileira**, [s.l.] 1: 10 - 14, 2006.

BELUFI, L.M.R.; PITTELKOW, F.K.; PASQUALLI, R.M. Avaliação da eficiência de programas de fungicidas para o controle de doenças na cultura da soja em duas

épocas de semeadura no Mato Grosso. **Boletim Técnico Safra 2014 /15**. Fundação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Rio Verde, versão online, 13 p.2015.

BERMEJO, G. R. **Diversidade genética de isolados brasileiros de *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow)**. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirante, 2016.

BIASI, L. A.; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo essencial**. Curitiba: Layer Studio Figura e Editora Ltda, 2009.

BONNA, T. D. M. M. Óleo essencial de orégano, alecrim, canela e extrato de pimenta no controle de Salmonella, Eimeria e Clostridium em frangos de corte. **Pesq. Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 5, p. 411-418, 2012.

CARVALHO JUNIOR, A. A. de; FIGUEIREDO, M. B. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. **Summa Phytopathologica**. Botucatu, v. 26, p. 197-200, 2000.

CASTRO JULINOR, R. P. **Combinações químicas e intervalos de aplicação: impactos na ferrugem asiática da soja**. Dissertação de Mestrado – Instituto Federal Goiano, Urutaí, 2020.

CERETTA, C. A.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P. S.; MOREIRA, I. C. L.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. E. Soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.576-581, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos - Safra 2020/21: 4º levantamento**. Brasília, DF, 2021. Portal. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> >.

CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM. Parceria público privada no combate à ferrugem asiática da soja. Disponível em: < <http://www.consorcioantiferrugem.net/#/main> >. Acesso em: 19 de janeiro, 2016. In BERMEJO, G. R. **Diversidade genética de isolados brasileiros de *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow)**. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirante, 2016.

CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM. **Parceria público privada no combate à ferrugem asiática da soja.** Disponível em: < <http://www.consorcioantiferrugem.net/#/main> >. Acesso em: 01 Fevereiro 2021.

CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM. **Parceria público privada no combate à ferrugem asiática da soja.** Disponível em: < <http://www.consorcioantiferrugem.net/#/main> >. Acesso em: 01 Fevereiro 2021 b.

COSTA, A.R.T.; AMARAL, M. F. Z. J.; MARTINS, P. M.; PAULA, J. A. M.; FIUZA, T.S. Ação do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry sobre as hifas de alguns fungos fitopatogênicos. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.13, n.2, p.240-245, 2011.

DINIZ, S. P. S. S.; UNTUM, H.; KAZANKI, L. I. B.; QUEIROZ, M. C. Ocorrência do fungo Esclerotinia em raízes de Estevia (*Stave rebaudiana* Bert) e controle por óleos vegetais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, p.369, ago. 2000.

EBRAHIM, S.; SINGH, K.U. Pathogenesis related (PR) proteins in plant defense mechanism. *In*: MÉNDEZVILAS, A. Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances. **Extremadura: Formatex Research Center**, v. 1, 2011, p. 1043-1054.

EHLERT, P.A.D., BLANK, A.F., ARRIOGONI-BLANK, M.F., PAULA, J.W.A., CAMPOS, D.A., ALVIANO. Tempo de hidrodestilação na extração de óleo essencial de sete espécies de 358 plantas medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, [s.l.] 8, 79-80, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **A soja no Brasil: História e estatística.** Londrina: Embrapa Soja, 1987.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Ferrugem da soja é identificada em três estados brasileiros**, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2334519/ferrugem-da-soja-e-identificada-em-tres-estados-brasileiros>. Acesso em: 17 de Janeiro 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Soja - Sistema de produção: doenças e medidas de controle**, Londrina: Embrapa Soja, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, Sistemas de Produção 16, p. 265, 2004.

ESCHER, F.; WILKINSON, J. A economia política do complexo Soja-Carne Brasil-China. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 4, 2019.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portugues)**. R package version 1.2.1. <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt> 2021.

FONSECA, M.C.M., LEHNER, M.S., GONÇALVES, M.G., PAULA JÚNIOR, T.J., SILVA, A.F., BONFIM, F.P.G., & PRADO, A.L. Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 17(1), 45-50, 2015.

FRAGOSO, D.B., GUEDES, R.N.C., PICANÇO, M.C., ZAMBOLIM, L. Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 92, p. 203-212, 2002.

FREDERICK, R. D.; et al.; Polymerase chain reaction assays for the detection and discrimination of the soybean rust pathogens *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomiae*. **Phytopathology**, 92: 217-227. 2002.

GARCIA, R.A.; JULIATTI, F.C.; BARBOSA, K.A.G.; CASSEMIRO, T.A. Atividade antifúngica de óleos e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 48-57, 2012.

GILLES, M.; ZHAO, J.; AN, M.; AGBOOLA, S. Chemical composition and antimicrobial properties of essential oils of three Australian *Eucalyptus* species. **Food Chemistry**, v. 119, p. 731-737, 2010.

GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 97-101, 2004.

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

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M.; ADEGAS, F. S. **Boas práticas para o enfrentamento da ferrugem-asiática da soja**. Londrina: Embrapa Soja, Comunicado técnico 92, p. 5, 2017.

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M. **Ferrugem-asiática da soja: Bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência**. Londrina: Embrapa Soja. Documentos, 428, p. 39, 2020 b.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. de O. N.; DIAS, A. R.; MUHL, A.; WESP-GUTERRES, C.; PIMENTA, C. B.; ANDRADE JUNIOR, E. R. de; MORESCO, E.; KONAGESKI, F. T.; BONANI, J. C.; ROY, J. M. T.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; ARRUDA, J. H.; NAVARINI, L.; BELUFI, L. M. de R.; SILVA, L. H. C. P. da; SATO, L. N.; GOUSSAIN JUNIOR, M. M.; SENGER, M.; MULLER, M. A.; DEBORTOLI, M. P.; MARTINS, M. C.; TORMEN, N. R.; BALARDIN, R. S.; MADALOSSO, T.; KONAGESKI, T. F.; CARLIN, V. J. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2019/2020: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos**. Londrina, PR: Embrapa, 2020. 19 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 160).

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. de O. N.; DIAS, A. R.; MUHL, A.; MORESCO, E.; ROY, J. M. T.; GRIGOLLI, J. F. J.; ARRUDA, J. H.; NAVARINI, L.; BELUFI, L. M. de R.; SILVA, L. H. C. P. da; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; SENGER, M.; MULLER, M. A.; DEBORTOLI, M. P.; MARTINS, M. C.; TORMEN, N. R.; BALARDIN, R. S.; KONAGESKI, T. F.; CARLIN, V. J. **Eficiência de fungicidas multissítios no controle da ferrugem-asiática da soja,**

Phakopsora pachyrhizi, na safra 2019/2020: resultados sumarizados dos experimentos cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, Circular técnica 161, 2020c.

GOMES, R.S.S.; NUNES, M.C.; NASCIMENTO, L.C.; SOUZA, J.O.; PORCINO, M.M. Eficiência de óleos essenciais na qualidade sanitária e fisiológica em sementes de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.18, n.1, supl. I, p.279-287, 2016.

GREEN, A. **Soybean rust.** USDA-APHIS-PPQ, n.56, 1984.

HARTMAN, G. L.; SIKORA, E. J.; RUPE, J. C. Rust. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SOKORA, E. J.; DOMIER, L.L.; DAVIS, J. A.; STAFFEY, K. L. **Compendium of soybean diseases and pests.** Saint Paul: APS Press, 5th ed, p. 56-59, 2015.

HARTMAN, G.; SINCLAIR, J.; RUPE, J. **Compendium of soybean diseases.** APS, 1999.

HARTMAN, G.L.; WANG, T.C.; TSCHANZ, A.T. Soybean rust development and quantitative relationship between rust severity and soybean yield. **Plant Disease**, v.75, p.596-600, 1991.

HENNING, A. A.; GODOY, C. V. Situação da ferrugem da soja no Brasil e no mundo. In: Zambolim, L. **Ferrugem Asiática da Soja**, Viçosa, MG, Ed. UFV, p. 1-14, 2006.

HENNINGS, V.P.A few new Japanese Uredinaceae. **Hedwigia**, 42:107-108, 1903.

JULIATTI, F.C.; JULIATTI, F. C. ; SAGATA, E. ; Santos, R.R. ; Filho, L.R.G ; JULIATTI, B. C. M. . **Biofac - Um novo fungicida produzido por fermentação biológica de *Penicillium spp.*** Produto depositado inicialmente na Agência de Inovação UFU (Intelecto). Em vias de ser finalizada a Patente para depósito no INPI e outras agências mundiais. 2019.

KAWUKI, R.S.; ADIPALA, E.; TUKAMUHABWA, P. Yield loss associated with soya bean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) in Uganda. **Journal of Phytopathology**, v.151, p.7-12, 2003.

KNAAK, N.; FIUZA, L.M. Potencial dos óleos essenciais de plantas no controle de insetos e microrganismos. **Neotropical Biology and Conservation**, Rio Grande do Sul, v.5, n.2, p.120-132, 2010.

KOBAYASHI, B.F.; AMARAL, D.R. Efeito de extratos vegetais de plantas do Cerrado para controle de pinta-preta em tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v.44, n.2, p.189-192, 2018.

KOCH, E.; EBRAHIN-NESBAT, F.; HOPPE, H. H. Light and electron microscopic studies on the development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) in susceptible soybean leaves. **Phytopathologische Zeitschrift**. v.106, p.302-320, 1983.

LO, L.C.; WEIERGANG, I.; BONHAM, C.; HIPSKIND, J.; WOOD, K.; NICHOLSON, R.L. Phytoalexin accumulation in sorghum: identification of a methyl ether of luteolinidin. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.49, p.21-31, 1996.

MAWUENA, G. Preliminary observations on soybean rust incidence in Togo. **Soybean Rust Newsletter** 5: 20–21, 1982.

MCGRATH, M. T. What are fungicides? **The Plant Health Instructor**, 2004.

MEDICE, R. Produtos alternativos no manejo da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja. **Dissertação de Mestrado** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

MEDICE, R.; ALVES, E.; MAGNO JUNIOR, R.G.; ASSIS, R.T.; LEITE LOPES, E. A. G. Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática da soja *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 31, n.1, p. 83-90, 2007b.

MILES, M. R.; BONDE, M. R.; NESTER, S. E.; BERNER, D. K.; FREDERICK, R. D.; HARTMAN, G. L. Characterizing resistance to *Phakopsora pachyrhizi* in soybean. **Plant Disease**, v.95, p.577-581, 2011.

MONTANARI, R. M., BARBOSA, L. C. A., DEMUNER, A. J., SILVA, C. J., ANDRADE, N. J., ISMAIL, F. M. D., BARBOSA, M. C. A. Exposure to *Anacardiaceae*

volatile oils and their constituents induces lipid peroxidation within food-borne bacteria cells. **Molecules** 16, 9728-9740, 2012.

MORAIS, L.A.S. **Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais**. Anais... (Suplemento - CD Rom), v.27, n.2, p.4050-4063, 2009.

NASCIMENTO, J.M., GAVASSONI, W.L., BACCHI, L.M.A., ZUNTINI, B., MENDES, M.P., LEONEL, R.K., PONTIM, B.C.A. Associação de adjuvantes à picoxistrobina+ciproconazol no controle da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.38, n.3, p.204-210, 2012.

NIZIO, D. A. DE C. Estudo fitoquímico e atividades antifúngica e antiprotozoária do óleo essencial de genótipos de erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.). Tese (doutorado em Biotecnologia)– **Rede Nordeste de Biotecnologia - RENORBIO**, Universidade Federal de Sergipe, 2015.

OLIC N. B. Os Caminhos Percorridos Pela Soja no Brasil. **Revista Pangea – Quinzenário de Política Economia e Cultura**, 2001.

OLIVEIRA, D.M., LUCHINI, A.C., SEITO, L.N., GOMES, J.C., CRESPO-LÓPEZ, M.E., DI STASI, L.C. *Cordia verbenacea* and secretion of mast cells in different animal species. **J. Ethnopharmacol**, 463–468, 2011.

OLIVEIRA, R.F.; PASCHOLATI, S.F.; LEITE, B. Papilla formation and peroxidase activity in *Mimosa scabrella* hypocotyls inoculated with the nonpathogen *Colletotrichum graminicola*. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, n.2, p.195-197, 2010.

ONO, Y.; BURITICA, P.; HENNEN, J. F. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella* and *Cerotelium* and their species on Leguminosae. **Mycology Reserch**, New York, v. 96, n. 10, p. 825-850, Oct. 1992.

PASSINI, F. B. Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja (*Glycines max.*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Dissertação de Mestrado** – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2007.

PEREIRA, M. C.; VILELA, G. R.; COSTA, L. M. A. S. Inibição do desenvolvimento fúngico através da utilização de óleos essenciais de condimentos. **Ciência Agrotecnológica**, 731-733, 2006.

PEREIRA, R.B. Óleos essenciais no manejo da ferrugem e cercosporiose do cafeeiro. 2008. 105p. **Tese de Doutorado** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

PURKAYASTHA, R.P. Progress in phytoalexin research during the past 50 years. In: DANIEL, M.; PURKAYASTHA, R.P. **Handbook of Phytoalexin Metabolism and Action**. New York: Marcel Dekker, p.1-39, 1995.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>. 2009.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R.; CARMONA, M. **Doenças da soja I: ferrugem Asiática**. Passo Fundo, RS: Universidade Federal de Passo Fundo, p. 48,2006.

RIOS, S. A.; CANUTO, R. S.; RIBEIRO, JR. P. M. S.; SOUSA, L. T.; SANTOS, L. O.; SILVA, J. J. C.; NORMANHA, R. A.; PEREIRA, M. R.; DIAS, M. S. C. Inibição do crescimento micelial de *Colletotrichum acutatum* Simmonds, agente causal da Flor Preta do morangueiro (*Fragaria X ananassa* Dulch) com extrato de citronela (*Cimnopogon sp*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 360, 2003.

SALGADO, A. P. S. P. Estudos dos constituintes químicos e da atividade fungitóxica do óleo essencial das folhas de *Eucalyptus*. **Dissertação de Mestrado** - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

SANTOS, G. R.; BRUM, R. B. C.; CASTRO, H. G.; GONÇALVES, C. G.; FIDELIS, R. R. Efeito de óleos essenciais de plantas medicinais sobre a helmintosporiose do capim Tanzânia. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 587-593, 2013.

SCHNEIDER, R.W.; HOLLIER, C.A.; WHITAM, H.K.; PALM, M.E.; MCKEMY, J.M.; HERNANDEZ, J.R.; LEVY, L.; DEVRIES-PATERSON, R. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* in the continental United States. **Plant Disease**, 89:774, 2005.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. S.; STANGARLIN, J. R.; CRUS, M. E. S. Uso de extratos vegetais no controle de fungos fitopatôgenicos. **FLORESTA** 30, p. 129-137, 2005.

SHANER, G.; FINNEY, R. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

SILVA, A.C., SOUZA, P.E., RESENDE, M.L.V., SILVA JR., M.B., RIBEIRO JR., P.M., ZEVIANI, W.M. Local and systemic control of powdery mildew in eucalyptus using essential oils and decoctions from traditional Brazilian medicinal plants. **Forest Pathol**, 145–153, 2014.

SILVA, C. T. B.; ISHIDA, A. K.; LEMOS, W. P.; FREIRE, A. N. R. Atividade Antibacteriana de Extratos De *Senna alata* L. Roxb. Sobre a Mancha Bacteriana do Maracujazeiro. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.25; p. 182; 2011.

SILVA, E. O. Termoterapia e óleos essenciais no controle de *Pseudomonas syringae* pv. *Tomato* em sementes de tomate. 57 f. **Tese de Doutorado** - Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônômicas. Unesp Botucatu, 2018.

SILVA, M. B. da et al. Desenvolvimento de produtos à base de extratos de plantas para o controle de doenças de plantas. In: VENEZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; PALLINI, A. (Ed.). **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa, MG: EPAMIG/CTZM, p. 221-246, 2005.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. Óleos voláteis. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, p.467-495, 2004.

SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. **Compendium of soybean diseases**. 3.ed. Minnesota: APS, 1989.

SMITH, C.J. Accumulation of phytoalexins: defense mechanisms and stimulus response system. **The New Phytologist**, v.132, p.1-45, 1996.

STANGARLIN, J. R.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; CRUZ, M. E. S.; NOZAKI, M. H. Plantas medicinais e controle alternativo de fitopatógenos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v.11, p.16-21, 1999.

STANGARLIN, J. R.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; CRUZ, M. E. S.; NOZAKI, M. H. Plantas medicinais e o controle alternativo de fitopatogenos. **Biotecnologia, Ciencia & Desenvolvimento**, 11: 16-21, 1999.

STANGARLIN, J. R.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; PASCHOLATI, S. F.; CRUZ, M. E. S. Efeito de frações fungitóxicas de extrato bruto de plantas medicinais no crescimento de *Colletotrichum graminicola*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, p. 346, 1997.

SUMIDA, C. H.; CANTERI, M. V.; PEITL, D. C.; TIBOL LA, F. T.; ORSINI, I. P.; ARAÚJO, F. A.; CHAGAS, D. F.; CAL VOS, N. S. Chemical and biological control disease in the soybean crop. **Ciência Rural** , v.45, n.5, 2015.

TAGAMI, O. K.; GASPARIN, M. D. G.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; CRUZ, M. E. S.; ITAKO, A. T.; TOLENTINO JÚNIOR, J. B.; MORAES, L. M.; STANGARLIN, J. R. Fungitoxidade de *Bidens pilosa*, *Thymus vulgaris*, *Lippia alba* e *Rosmarinus officinalis* no desenvolvimento in vitro de fungos fitopatogênicos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 285-294, 2009.

TAKATSUKA, F. S.; SILVA, I. D.; OLIVEIRA, M. F.; CZEPAK, C.; OLIVEIRA, C. M. A.; CUNHA, M. G. Efeito do óleo essencial de açafrão (*Curcuma longa*) sobre o desenvolvimento micelial de fungos. **36º Congresso Brasileiro de Fitopatologia**, Uberlândia, Brasil, v.28, p.361, 2003.

TALAMINI, V., STADNIK, M. J. Extratos vegetais e de algas no controle de doenças de plantas. In: STADNIK, M. J.; TALAMINI, V.(Eds). **Manejo ecologico de doenças de plantas**. Editora UFSC, 2004.

TSCHANZ, T. A. Rust. In: SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. (Eds.). **Compendium of soybean diseases**. 3th ed. Saint Paul: APS, p. 245-327, 1989.

VAKILI, N. G. AND K. R. BROMFIELD. Phakopsora rust on soybean and other legumes in Puerto Rico. **Plant Disease** 60:995-999, 1976.

VIGO-SCHULTZ, S. Avaliação da eficácia da tintura etanólica de guaco (*Mikania glomerata*) no controle da podridão negra (*Xanthomonas campestris pv.campestris*) em couve-flor. **Semina: Ciências Agrárias**, v.27, n 4, p 515-524, 2006.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): identificação e controle. **Informações agrônômicas nº 104**, 2003 b.

YORINORI, J. T. Ferrugem asiática da soja: doença recente e preocupante. **Correio Agrícola**, v. 1, p. 16-21, 2003.

YORINORI, J. T. Ferrugem asiática da soja: o desafio continua e como aprimorar o seu controle. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Soja**, p.102-108, 2006.

YORINORI, J.T e LAZZAROTTO, J.J. **Situação da ferrugem da Soja no Brasil e na América do Sul**. Documento 236. Londrina: Embrapa soja, 27p. 2004 b.

YORINORI, J.T. Soybean germplasms with resistance and tolerance to Asian rust and screening methods. **JIRCAS Working Report**, 58:70, 2008.

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

ZAMBENEDETTI, E. B. Preservação de *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow e aspectos epidemiológicos e ultra-estruturais da sua interação com a soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Dissertação de Mestrado** - Universidade Federal de Lavras, Lavras, p. 92, 2005.