

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

RESPOSTA DE *Tetranychus urticae* (KOCH, 1836) E *Neoseiulus californicus*
(McGREGOR, 1954) À APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO EM CULTIVARES
DE FEIJOEIRO

Fernanda de Oliveira de Andrade Bertolo
Bióloga/UNILASALLE
Mestre em Fitotecnia/UFRGS

Tese apresentada com um dos requisitos
à obtenção do Grau de Doutor em Fitotecnia
Área de Concentração Sanidade Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Junho, 2021

CIP - Catalogação na Publicação

Bertolo, Fernanda de Oliveira de Andrade
RESPOSTA DE *Tetranychus urticae* (KOCH, 1836) E
Neoseiulus californicus (McGREGOR, 1954) À APLICAÇÃO
DE ÁCIDO SALICÍLICO EM CULTIVARES DE FEIJOEIRO /
Fernanda de Oliveira de Andrade Bertolo. -- 2021.
66 f.
Orientadora: Ana Paula Ott.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2021.

1. Acarologia. 2. Ecologia Química. I. Ott, Ana
Paula, orient. II. Título.

FERNANDA DE OLIVEIRA DE ANDRADE BERTOLO
Bacharel em Ciências Biológicas - UNILASALLE
Mestre em Fitotecnia - UFRGS

TESE

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOCTOR (A) EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 28.06.2021
Pela Banca Examinadora

NOME ANA PAULA OTT
Orientadora -
PPG Fitotecnia UFRGS

CHRISTIAN BREDEMEIER
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

EDSON BERTOLINI
PPG Fitotecnia/UFRGS

UEMERSON SILVA DA CUNHA
Dpeto. de Fitossanidae/UFPel

RITA DE CÁSSIA DE MELO MACHADO
Colégio Dom Feliciano

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

Aos meus pais, esposo e filho, com amor, OFEREÇO.

A Luíz Fernando de Andrade e
In memoriam
Neusa Maria de Oliveira de Andrade
DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda sua infinita misericórdia, dando-me forças, renovando minha fé e esperança, tornando possível o final desta etapa e início de muitas outras.

Aos meus pais, Luíz (*in memoriam*) e Neusa por todo carinho, esforço, educação, exemplo e incentivo que levo comigo por toda minha vida. Sem vocês eu não teria chegado até mais esta vitória.

Ao amor da minha vida, meu Gurizinho, minha força e coração, de valor inestimável, raro, valioso e insubstituível, Ângelo, obrigada por alegrar meus dias...

Ao meu Amor, Amigo e Companheiro que a vida me presentiu, Rubem João Bertolo, minha gratidão por sempre estar ao meu lado mesmo nos momentos mais difíceis!!! Sem ti essa conquista não seria possível.

A minha orientadora Ana Paula Ott, que durante esta caminhada trouxe além dos ensinamentos, calma, paciência e companheirismo para ouvir e acalmar minhas inquietações. Agradeço pela amizade, compreensão e parceria em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis. Aqui fica a minha eterna gratidão.

Ao Professor Joué Sant'Ana, pelos ensinamentos, conversas, acolhida, que sempre teve comigo, minha eterna gratidão.

A minha amiga e comadre, Raquel Bottini, pelo companheirismo, incentivo, apoio, e amizade em todas as horas, memo nas mais difíceis enfrentadas e superadas durante esta jornada, minha eterna gratidão.

À José Ferreira amigo que a vida me deu, companheiro em todas as etapas desta caminhada, obrigada por sempre estar ao meu lado.

À pessoas como Rita de Cássia Machado, Uémerson Cunha, Juarez Fernandes de Souza e Anelise Beneduzi o meu eterno agradecimento pela ajuda, ensinamentos, conversas e disponibilidade durante toda esta jornada.

Aos colegas do Laboratório de Acarologia e Etologia e Ecologia Química de Insetos, pelos momentos de reflexão, ajuda e companherismo.

À família MedLife e Geração Vida pela acolhida e ajuda importantes para o fim desta jornada.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para o desenvolvimento e finalização deste estudo.

RESUMO

RESPOSTA DE *Tetranychus urticae* (KOCH, 1836) E *Neoseiulus californicus* (McGREGOR, 1954) À APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO EM CULTIVARES DE FEIJOEIRO ¹

Autora: Fernanda de Oliveira de Andrade Bertolo

Orientadora: Prof. Ana Paula Ott

Estudos sobre as interações a respeito da relação tritrófica entre o ácaro-rajado-predador-planta necessitam de maior atenção por parte de produtores e pesquisadores e, quando acrescenta-se a este sistema o fator fitormônio, o qual têm se demonstrado promissor no controle deste fitófago em diferentes culturas temos novas proposições. O objetivo deste estudo foi avaliar como o ácido salicílico influenciou o comportamento de *Tetranychus urticae* tanto em sua biologia quanto em sua resposta quimiotáxica, bem como avaliou a resposta quimiotáxica do ácaro predador *Neoseiulus californicus* e sua interação com este fitófago. Para ambos, predador e fitófago os experimentos ocorreram em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) de duas cultivares: Fepagro 26 e Garapiá. Os resultados obtidos para *T. urticae* em ambas cultivares indicaram que há interação entre as doses de ácido salicílico e o número de ovos. A dose 0,5mM foi a que reduziu o número de ovos sem apresentar fitotoxicidade aparente. A cultivar Garapiá apresentou correlação entre as doses de ácido salicílico testadas (0,1; 0,5; 1 e 2,5mM) e redução no número de ovos. A aplicação exógena de 0,5mM de ácido salicílico na cultivar Garapiá atraiu *T. urticae*. *N. californicus* foi atraído somente pela combinação da cultivar Fepagro26 infestada com *T. urticae* e atraído para a cultivar Garapiá. Para o tratamento com cultivar e aplicação exógena de 0,5mM de ácido salicílico *N. californicus* não apresentou resposta. A presença do ácaro-rajado nas cultivares é fator determinante para a resposta do predador e quando acrescenta-se a esta interação o ácido salicílico, este causou uma mudança no comportamento do predador.

Palavras-chave: Acarologia. Biologia. Ecologia Química.

Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (67f.) Junho 2021.

ABSTRACT

RESPONSE OF *Tetranychus urticae* (KOCH, 1836) AND *Neoseiulus californicus* (McGREGOR, 1954) TO THE APPLICATION OF SALICYLIC ACID IN BEAN CULTIVARS¹

Author: Fernanda de Oliveira de Andrade Bertolo

Adviser: Prof. Ana Paula Ott

Studies on interactions regarding the tritrophic relationship between the spider mite-predator-plant need more attention from producers and researchers, and when the phytohormone factor is added to this system, which has shown promise in the control of this phytophagous in different cultures we have new propositions. The aim of this study was to evaluate how salicylic acid influenced the behavior of *Tetranychus urticae* both in its biology and in its chemotaxis response, as well as to evaluate the chemotactic response of the predatory mite *Neoseiulus californicus* and its interaction with this phytophage. For both, predator and phytophagous, the experiments took place in common bean (*Phaseolus vulgaris*) of two cultivars: Fepagro 26 and Garapiá. The results obtained for *T. urticae* in both cultivars indicated that there is an interaction between the doses of salicylic acid and the number of eggs. The 0.5 mM dose was the one that reduced the number of eggs without showing apparent phytotoxicity. The cultivar Garapiá showed correlation between the doses of salicylic acid tested (0.1; 0.5; 1 and 2.5 mM) and a reduction in the number of eggs. The exogenous application of 0.5 mM salicylic acid in the cultivar Garapiá attracted the phytophagous *T. urticae*. *N. californicus* was attracted only by the combination of cultivar Fepagro26 infested with *T. urticae* and attracted to the cultivar Garapiá. For the treatment with cultivar and exogenous application of 0.5 mM salicylic acid *N. californicus* showed no response. The presence of the spider mite in cultivars is a determining factor for the predator's response and when salicylic acid is added to this interaction, this caused a change in the predator's behavior.

Keywords: Acarology. Biology. Chemical Ecology.

¹ Doctoral Thesis in Plant Science in, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (67p.) Junh, 2021.

LISTA DE QUADROS

	Página
1. Quadro Estádios de desenvolvimento do feijoeiro (adaptado de OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2018)	4
2. Diferenças entre as cultivares de feijão comum Fepagro26 e Garapiá (adaptado, FEPAGRO, 2005; 2014)	5

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Número médio de ovos de <i>T. urticae</i> em feijoeiro das cultivares Fepagro26 e Garapiá.....	34

LISTA DE FIGURAS

Página

ARTIGO

1. Construção das mini gaiolas para o estudo de *T. urticae* em feijoeiro. a) Gaiola, b) Detalhe da barreira de contenção e c) Haste de sustentação. Anexo 31
2. Número médio de ovos (média \pm erro padrão) de *T. urticae* em plantas de feijão da cultivar Fepagro26. Tratamentos utilizados: Fepagro26 + água (FA); Fepagro26 + álcool 1% (FA+A1%); Fepagro26 + álcool 5% (FA+A5%); Fepagro26 + álcool 1% + ácido salicílico 0,1mM (FA+A1%+S0,1); Fepagro26 + álcool 1% + ácido salicílico 0,5mM (FA+A1%+S0,5); Fepagro26 + álcool 1% + ácido salicílico 1mM (FA+A1%+S1); Fepagro26 + álcool 5% + ácido salicílico 2,5mM (FA+A5%+ S2,5). Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste t ($P \leq 0,05$) 35
3. Primeira escolha (%) de *T. urticae* em olfatômetro em Y a plantas de feijão das cultivares Fepagro26 e Garapiá aspergidas com água (controle) em comparação as aspergidas com ácido salicílico (AS) (0,5mM) por 48 horas. Valores dentro das barras indicam o número de ácaros responsivos. nr = não responsivos. Asterisco indica diferença significativa através da análise de Qui-quadrado ($P \leq 0,05$) 37
4. Primeira escolha (%) de *N. californicus* em teste de olfatômetro Y a plantas de feijão da cultivar Fepagro26 infestadas por *T. urticae* após 24 horas e 48 horas. Valores dentro das barras indicam o número de ácaros responsivos. nr = não responsivos. Asterisco indica diferença significativa pelo teste Qui-quadrado ($P \leq 0,05$) 37
5. Primeira escolha (%) de *N. californicus* em teste de olfatômetro Y a plantas de feijão da cultivar Garapiá infestadas por *T. urticae* após 24 horas e 48 horas. Valores dentro das barras indicam o número de ácaros responsivos. nr = não responsivos. Asterisco indica diferença significativa pelo teste Quiquadrado ($P \leq 0,05$) 38
6. Primeira escolha (%) de *N. californicus* em teste de olfatômetro Y a plantas de feijão da cultivar Fepagro26 infestadas por *T. urticae* logo após desinfestação ($>30\text{min}$) (t 0) e depois de 24 horas (t 24) e 48 horas (t 48). Valores dentro das barras indicam o número de ácaros responsivos. nr = não responsivos. Asterisco indica diferença significativa pelo teste Qui-quadrado ($P \leq 0,05$) 39
7. Primeira escolha (%) de *N. californicus* em teste de olfatômetro Y a plantas de feijoeiro da cultivar Fepagro26 atomizadas com água (controle) em compara-

	Página
ção com as atomizadas com ácido salicílico (AS) (0,5mM) em combinação entre AS + adultos de ácaro T.urticae (AC). Valores dentro das barras indicam o número de ácaros responsivos. nr = não responsivos. Asterisco indica diferença significativa pelo teste Qui-quadrado ($P \leq 0,05$).)	40

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Feijão.....	3
2.2 Ácaros.....	5
2.3 Ácaros fitófagos.....	6
2.3.1 <i>Tetranychus urticae</i> (Koch, 1836).....	7
2.4 Ácaros predadores.....	8
2.4.1 <i>Neoseiulus californicus</i> (McGregor, 1954).....	8
2.5 Comunicação Química.....	9
2.5.1 Comunicação química em ácaros plantícolas – órgãos quimiorreceptores.....	10
2.5.2 Uso de infoquímicos em ácaros plantícolas.....	11
2.5.3 Defesa de plantas.....	14
2.5.4 Interações tritróficas.....	17
2.6 Referências.....	18
3 ARTIGO.....	26
3.1 Introdução.....	27
3.2 Material e métodos.....	29
3.3 Resultados.....	34
3.4 Discussão.....	40
3.5 Referências.....	47
4. CONCLUSÕES GERAIS.....	54

1 INTRODUÇÃO

Novas tecnologias vêm sendo propostas na intenção de controlar e minimizar os danos ocasionados por ácaros fitófagos com especial atenção à *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) uma espécie polífaga e amplamente distribuída mundialmente. Dentre estas inovações temos o uso dos semioquímicos que são utilizados nas diferentes inter-relações de indivíduos.

Por ocasião da herbivoria é desencadeado um efeito cascata química nas plantas, resultante do estresse sofrido, e com isso são produzidos os chamados voláteis induzidos em plantas por herbivoria (ou VIPHs). No entanto, estes compostos emitidos pelas plantas possuem uma grande variabilidade devido a interação da espécie vegetal e do herbívoro. Os VIPHs podem atrair inimigos naturais, que os utilizam para localização de suas presas por exemplo. Com esta indução de defesas, as plantas produzem ácido salicílico que tem mostrado ser promissor no controle do ácaro-rajado em diversas culturas dentre elas o feijão. Cultura na qual o Brasil se destaca como terceiro maior produtor mundial e o Estado do Rio Grande do Sul ocupa o nono lugar em produtividade no país.

Em culturas como feijão, morango e tomate as interações à respeito da aplicação exógena de ácido salicílico, vêm demonstrando bons resultados no controle não apenas de *T. urticae* mas, também para outros herbívoros. Até o presente momento informações sobre a relação tritrófica entre planta, ácaros fitófagos e ácaros predadores não estão bem esclarecidas, cabendo novas proposições no uso de semioquímicos como o ácido salicílico, que venham a contribuir para o controle de *T. urticae* e qual a reação desencadeada no predador *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954).

Desta forma, as informações geradas através deste estudo serão utilizadas para ajudar na compreensão de como *N. californicus* interage não apenas com *T. urticae* e também de como este reage à aplicação exógena do ácido salicílico que pode influenciar nesta resposta para o efetivo controle de *T. urticae* em feijoeiro.

A melhor compreensão destes agentes na cultura do feijão e suas interações com os ácaros podem contribuir para se inferir proposições para estratégias e uso no controle biológico de *T. urticae* e consequente inserção no manejo integrado de pragas.

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar como o ácido salicílico influencia *T. urticae* tanto em sua biologia quanto em sua resposta quimiotática, bem como avaliar a resposta quimiotática do ácaro predador *N. californicus* e suas interações com este fitófago em duas cultivares (Fepagro26 e Garapiá) de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Feijão

A origem evolutiva do gênero *Phaseolus* e sua diversificação aconteceu nas Américas, tendo dois centros primários de origem um na América Central e outro no Sul dos Andes (Sul do Peru, Bolívia, Norte da Argentina) (Freitas, 2006). O feijão comum é a mais importante leguminosa em grãos no mundo, sendo consumido na dieta humana como principal fonte de proteínas e micronutrientes em diversos países (Broughton *et al.*, 2003; Delfini *et al.*, 2021). A América Latina é a principal produtora e consumidora de feijão, sendo responsável por 32,4% dos cerca de 31 milhões de toneladas de grãos que é produzido mundialmente. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais, ficando como 3º produtor mundial (Faostat, 2019). O Brasil também se destaca como consumidor mundial de feijão, produto dos mais importantes e típicos da dieta alimentar de sua população. (JONES, 2021; DELFINE *et al.*, 2021).

Taxonomicamente o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) pertence a família Fabaceae, sub-família Faboideae, gênero *Phaseolus* tendo suas espécies amplamente distribuídas pelo mundo, sendo cultivadas nos trópicos, além de se desenvolverem nas zonas temperadas dos hemisférios Norte e Sul. O número de gêneros é desconhecido mas revisões apontam um número variável de 31 e 52 espécies, todas estas originárias do continente Americano. (SILVA; COSTA, 2003; UFRGS, 2021).

O feijão pode ser classificado de acordo com seu hábito de crescimento do caule, sendo este determinado, onde apresenta caule e ramos laterais terminando em uma inflorescência e número limitado de nós e a floração inicia do ápice para base da planta e, indeterminado, onde apresenta um caule principal com célula de desenvolvimento vegetativo que permite um crescimento contínuo com nós e entrenós e a floração inicia da base para o ápice da planta (Silva; Costa, 2003). Estes hábitos de crescimento são

agrupados e caracterizados em quatro tipos que são (SILVA; COSTA, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2018):

Tipo I – hábito de crescimento determinado, arbustivo e porte da planta ereto.

Tipo II – hábito de crescimento indeterminado, arbustivo, porte da planta semiereto.

Tipo III – hábito de crescimento indeterminado, prostrado ou semiprostrado, com ramificação bem desenvolvida e aberta.

Tipo IV – hábito de crescimento indeterminado, trepador.

De acordo com os hábitos de crescimento do feijoeiro temos os estádios de desenvolvimento da planta de feijoeiro onde V0 à V4 compreende a fase vegetativa e R5 à R9 a fase reprodutiva (Quadro 1).

QUADRO 1. Estádios de desenvolvimento do feijoeiro (adaptado de Oliveira *et al.*, 2018).

Estádio	Descrição
V0	Germinação: inicia no dia da sementeira, em solo úmido ou no dia da chuva ou irrigação. Onde a semente após inchar começa a germinar.
V1	Emergência: ocorre quando 50% dos cotilédones já estão visíveis e começam a se separar, onde as primeiras folhas simples iniciam seu desenvolvimento.
V2	Folhas primárias: inicia quando ocorre a abertura e o crescimento destas folhas primárias.
V3	Primeira folha trifoliada: surge a primeira folha trifoliada (composta) completamente aberta e plana.
V4	Terceira folha trifoliada: a terceira folha trifoliada encontra-se totalmente aberta e plana, ocorrendo o desenvolvimento dos primeiros ramos secundários.
R5	Pré-floração: ocorre o desenvolvimento dos primeiros ramos secundários e o surgimento dos primeiros botões florais.
R6	Floração: ocorre quando a planta apresenta 50% das flores abertas.
R7	Formação de vagens: as flores já fecundadas, murcham as pétalas e ocorre a formação das primeiras vagens.
R8	Enchimento das vagens: nela ocorre o enchimento dos grãos e o conseqüente aumento do volume das vagens.
R9	Maturação: as vagens perdem a cor e começam a secar. As sementes adquirem cor e brilho característicos da cultivar.

Os feijoeiros tem seu desempenho influenciado por fatores climáticos e dentre eles os que mais se destacam são temperatura e precipitação. A temperatura é fator determinante na duração dos estádios fenológicos e no rendimento de grãos, podendo

influenciar no abortamento de flores, vagens e grãos (Didonet; Silva, 2004; Brasil, 2019). Os períodos de cultivo do feijão no Estado no Rio Grande do Sul têm semeadura variando do final de agosto ao final de outubro, para safra e, entre janeiro e fevereiro, para a safrinha (UFRGS, 2021). O Rio Grande do Sul ocupa o nono lugar dentre os estados produtores, com uma média de 93.794 toneladas/ano. Esta produção é principalmente desenvolvida em pequenas propriedades e está presente em quase todos os municípios do nosso Estado (Rio Grande do Sul, 2020). As cultivares Fepagro26 e Garapiá apresentam hábito de crescimento determinado do Tipo II, sendo indicadas para o plantio no Rio Grande do Sul conforme observado em Brasil (2019), tanto no período da safra como na safrinha (Fepagro, 2005; 2014) (Quadro 2). Os dados obtidos de ensaios destas cultivares de feijão-comum registradas e recomendadas para o RS apresentam um rendimento médio de grãos de 2798 kg/ha para Fepagro26 de acordo com Ribeiro *et al.* (2009) e de 1817,3 kg/ha para Garapiá conforme FEPAGRO (2014).

QUADRO 2. Diferenças entre as cultivares de feijoeiro comum Fepagro26 e Garapiá (adaptado, FEPAGRO, 2005; 2014).

Características	Fepagro26	Garapiá
Cor da flor	violeta	branca
Cor da vagem na maturação de colheita	amarelo palha	palha
Ciclo	87 à 91 dias após a emergência	86 dias após a emergência
Cor da semente	preta	bege com estrias havana
Forma da semente	elíptica	oblonga
Grupo comercial	preto	carioca
Tempo médio de cocção	28' 38''	25' 45''
Resistência à moléstias	intermediária	intermediária

2.2 Ácaros

Os ácaros pertencem ao filo Arthropoda, subfilo Chelicerata, classe Arachnida, e se caracterizam por apresentarem exoesqueleto quitinoso e pernas articuladas (Krantz, 1978). A subclasse Acari compreende os ácaros e carrapatos que se diferenciam dos demais aracnídeos pela ausência de segmentação e divisões do corpo. O corpo de um ácaro é reconhecido basicamente por apresentar gnátossoma (anterior) e idiossoma

(posterior). (Krantz, 1978; Flechtmann, 1989; Evans, 1992; Moraes; Flechtmann, 2008). Os ácaros são considerados um grupo de artrópodes altamente especializados devido a perda de segmentação, a qual possivelmente dá-se devido à separação deste grupo da linha principal de evolução dos artrópodes.

Como acontece em diversos grupos de organismos, entre os ácaros também são encontradas diversas formas de vida, as quais podemos reconhecer basicamente duas categorias, a de vida livre, e a de parasitas. Entre as formas de vida livre pode-se encontrar fitófagos, saprófagos, coprófagos, necrófagos, fungívoros, polinófagos, predadores e os foréticos (que utiliza de outros artrópodes como meio de dispersão); os parasitas nutrem-se do sangue e/ou da hemolinfa de seus hospedeiros, sendo que vários ácaros são considerados pragas, e estes são responsáveis por muitos danos às plantas cultivadas em todo o mundo. (FLECHTMANN, 1989; MORAES; FLECHTMANN, 2008).

2.3 Ácaros Fitófagos

Os ácaros fitófagos incluem espécies que se alimentam do conteúdo citoplasmático das células dos vegetais tanto da parte aérea quanto da subterrânea de plantas, podendo assim causar prejuízos econômicos em diversas culturas de importância econômica (Moraes; Flechtmann, 2008). Para a alimentação possuem quelíceras modificadas em forma de estiletos, que penetram as células do parênquima da folha e a perfuraram em diferentes partes como folhas, flores, ramos, frutos, etc. Os danos às plantas são ocasionados tanto pelos estiletos quanto pela retirada das organelas celulares do tecido das plantas. E estes danos podem ser diretos ou indiretos. Diretos quando na ocasião da alimentação debilitam a planta ou em severas infestações podem levar a morte da planta, e, indiretas pela sua ação como vetores (Krantz; Walter, 2009). Os sintomas são produzidos de acordo com a espécie do ácaro, da densidade populacional, do estágio de desenvolvimento, da estrutura vegetal atacada (Moraes; Flechtmann, 2008). No entanto, os ácaros causam prejuízos em duas situações: pela combinação de fatores abióticos como temperatura e umidade, e pelo desequilíbrio ambiental ocasionado pelo uso constante de agrotóxicos nos cultivos os quais favorecem o crescimento populacional de muitas espécies. (COSTA; HENZ, 2007).

As famílias de ácaros plantícolas de importância agrícola pertencem às ordens Mesostigmata e Trombidiformes (Krantz; Walter, 2009). Em Mesostigmata, destacam-se os predadores da família Phytoseiidae. E entre os Trombidiformes se destacam as

principais famílias de fitófagos e conseqüentemente interesse agrícola Eriophyidae, Tarsonemidae, Tenuipalpidae e Tetranychidae. Tetranychidae é uma família relativamente grande em número de espécies e são exclusivamente fitófagos, sendo conhecida no Brasil por “ácaros-de-teia” e no exterior como “spider mites” e isto se deve ao seu comportamento de algumas espécies de produzirem teias (Krantz; Walter, 2009). No Brasil *T. urticae* apresenta um grande número de hospedeiros e causa sérios danos a muitas plantas de importância econômica. (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

2.3.1 *Tetranychus urticae* (Koch, 1836)

Os tetraniquídeos representam uma família de ácaros estritamente fitófagos, sendo referenciados na literatura como “ácaros-de-teia” dado ao comportamento de produzir teias (Moraes, Flechtmann, 2008). São os ácaros que mais causam danos nas plantas, sendo considerados de grande importância econômica. A família compreende duas subfamílias: Bryobinae e Tetranychinae, sendo a maioria das espécies de importância agrícola pertencentes a Tetranychinae (Zhang, 2003). Em geral, os danos na planta atacada apresentam-se inicialmente com áreas cloróticas, com pequenas manchas nas folhas que, ao evoluir causa desfolha e, em alguns casos, a morte da planta. (SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2010).

A espécie *T. urticae* apresenta coloração esverdeada exibindo duas manchas laterais no idiossoma, com dimorfismo sexual acentuado (Flechtmann, 1989). Este ácaro tem preferência pela face abaxial das folhas e se alimenta através da perfuração das células epidérmicas e do parênquima, atingindo o cloroplasto com suas quelíceras em forma de estiletos; por diferença de pressão de turgescência da célula perfurada e pela ação dos músculos da faringe, o conteúdo celular é transferido da planta para o corpo do ácaro, ocorrendo a alimentação. (ZHANG, 2003).

O ciclo de vida compreende as seguintes fases: ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto. O desenvolvimento de ovo a adulto pode ocorrer entre temperaturas de 12 a 40° C, sendo menor que uma semana em temperaturas entre 30 e 32° C e em torno de 16 dias entre 15 e 28° C, sendo que as fêmeas possuem tamanho em torno de 400-500 µm e corpo arredondado, enquanto os machos são ligeiramente menores e possuem opistosoma afilado. (ZHANG, 2003).

2.4 Ácaros predadores

A família Phytoseiidae representa o grupo de ácaros com hábito predador mais estudado quanto à eficiência e potencial no controle biológico de ácaros em sistemas agrícolas em culturas ornamentais e hortícolas produzidas em estufas, onde encontram condições favoráveis que possibilitem sua utilização no controle biológico, sendo a espécie mais utilizada em estufas *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*. (MORAIS *et al.*, 2008; MARAFELI *et al.*, 2014).

Os estudos envolvendo o uso de ácaros predadores para o controle biológico são comuns em todo o mundo. No Brasil, por exemplo, *P. macropilis* (Banks, 1904) e *N. californicus* (McGregor, 1954) são comumente estudados e, além de eficientes no controle de *T. urticae* (Koch, 1836) (Tetranychidae) em diversas culturas, são produzidos comercialmente, o que permite a sua liberação em massa nas culturas. (MCMURTRY; MORAES; SOURASSOU, 2013).

2.4.1 *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954)

Neoseiulus californicus é comumente encontrado sob a parte aérea das plantas, onde se alimentam de ácaros fitófagos em diferentes estágios de vida, pequenos artrópodes e nematóides. Eles em geral, apresentam pernas longas e possuem movimentos rápidos (Moraes; Flechtmann, 2008). Estes ácaros são fototrópicos negativos, variam quanto à preferência por diferentes níveis de umidade e quanto à estrutura do substrato sobre o qual vivem e realizam busca ativa pela presa. (McMURTRY; MORAES; SOURASSOU, 2013).

N. californicus encontra-se em várias culturas a nível mundial e encontra-se distribuído pelo continente americano (Collier *et al.*, 2001). Sua distribuição ocorre em diferentes regiões do mundo, sejam estas quentes e secas como na Europa ou, quentes e úmidas como o Sul do Brasil (Ferla ; Marchetti; Gonçalves, 2007). Estes ácaros são classificados como predador tipo II evidenciando adaptações à vida em colônias de Tetranychidae, tais como quelíceras capazes de cortar os fios das teias e pernas capazes de furar as teias que protegem os ovos (Mcmurtry; Moraes; Sourassou, 2013). A capacidade média de predação de *N. californicus* é de aproximadamente 15 a 20 ovos de ácaros por dia, alimentando-se de todos os estágios biológicos da presa, e isso ocorre em temperaturas a partir de 12,7° C, sendo que, em relação às espécies de ácaros formadores

de teias, a maioria das presas é obtida durante seu deslocamento fora das teias (Takano-Lee; Hoddle, 2002). Por ser generalista, também pode se alimentar de outras fontes, como pólen, outros ácaros, tripes e afídeos, sobrevivendo por dias sem a presença da presa no campo. (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

O ciclo de vida compreende ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto. Em média, o período de ovo a adulto é de 5 dias (25° C), a fêmea mede cerca de 0,37 mm de comprimento, com formato ovalado. Machos são menores que as fêmeas, são translúcidos e podem apresentar tonalidades de laranja. A 25° C, em média cada fêmea oviposita 3,1 ovos por dia. (SATO *et al.*, 2016).

Esta espécie de predador generalista é comercialmente utilizada para controle do *T. urticae* (ácaro-rajado) em todo o mundo, assim como para controle de outras espécies de fitófagos de importância econômica em diversas culturas e plantas ornamentais. Tem sido demonstrado que *N. californicus* controla efetivamente o ácaro-rajado em morangueiro no Brasil, EUA, Reino Unido e Argentina. (SATO *et al.*, 2016).

2.5 Comunicação Química

Quando falamos de comunicação em artrópodos associamos a sinais especializados, contudo estes não são necessários, o que define a comunicação é a troca de informações entre os seres vivos (Smith, 1980). Nessa comunicação, o envolvimento de elementos químicos na transmissão de informações tanto intra quanto interespecíficas é mediada por semioquímicos. (DICKE; SABELIS, 1988).

Os semioquímicos são sinais químicos que atuam em indivíduos de mesma espécie e também de espécies diferentes, sendo compostos voláteis importantes na estruturação das teias alimentares podendo intervir na interação planta-herbívoro-inimigo natural (Moreira *et al.*, 2004, Magalhães *et al.*, 2020). Estes podem atuar de duas principais formas, feromônios, que são mediadores de comunicação intraespecífica e como aleloquímicos, substâncias que intermedeiam comportamentos de indivíduos de espécies diferentes. (CORRÊA; SANT'ANA, 2007; ZARBIN *et al.*, 2009).

Os aleloquímicos diferenciam-se conforme o tipo de organismo que está sendo beneficiado na comunicação em: alomônio que favorecem apenas o agente emissor, cairomônio que são sinais químicos que beneficiam somente o agente receptor e sinomônio que favorece tanto o agente emissor quanto o receptor do sinal. (CORRÊA; SANT'ANA, 2007; ZARBIN *et al.*, 2009).

A compreensão das estruturas quimiorreceptoras e mecanorreceptoras são de grande interesse pois, desta dependerá o real entendimento da comunicação química dos ácaros. Sendo assim, qualquer uso de atrativos químicos para manejo e/ou controle destes organismos dependerá da resposta comportamental e fisiológica por parte dos organismos envolvidos. (KRANTZ; WALTER, 2009; CARR; ROE, 2016).

2.5.1 Comunicação Química em Ácaros Plásticos – Órgãos Quimiorreceptores

Os ácaros possuem diferentes órgãos sensoriais, sendo em sua maioria setas com diferentes funções e tipos, tais como sensores mecanorreceptores que respondem a estímulos de contração, dobramento e compressão, sendo então ligados a audição, tato e pressão, e, quimiorreceptores que respondem a estímulos para comunicação, sendo ligados a gustação e olfato. (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

Estas setas são chamadas de anisotrópicas (Acariformes) ou isotrópicas (Parasitiformes), localizadas, em geral, na região anterior do corpo, nos segmentos terminais do primeiro e segundo par de pernas e nos palpos. Podem ser solenídios, eupatídios ou *famulus*. Solenídios são setas agudas ou terminalmente esféricas ou com estruturas do tipo ganchos, inseridas em base imóvel e larga, frequentemente estriadas, carregada de poros e localizadas nos tarsos palpais (ocasionalmente no fêmur das pernas I e IV); eupatídios têm forma espinhosa, apicalmente esféricos ou com ranhuras, presença de apenas um poro terminal, encontrados nos tarsos I e II; *famulus* podem apresentar cabeça globular recoberta por brácteas ou serem uma seta semi-circular ou com expansões terminais, mas em geral, são setas simples do tipo gancho com poro terminal, localizados nos tarsos I. (KRANTZ; WALTER, 2009).

As setas do idiossoma são compostas por vários sensores que em sua maioria são mecanorreceptoras predominando as setas tácteis, mas também têm-se os tricobótrios que parecem perceber a movimentação do ar (Krantz; Walter, 2009). Setas presentes nos apêndices têm função quimiorreceptoras sendo encontradas nos artigos dos palpos do primeiro par de pernas podendo ser os eupatídios que estão ligadas à percepção de moléculas no substrato, correspondendo assim ao sentido da gustação e os solenídeos que estão ligados à percepção de moléculas dispersas no ar, correspondendo assim ao sentido do olfato (Carr; Roe, 2016). Carr e Roe (2016) propõe que o complexo tarsal seja chamado de órgão sensorial forético (FSO) para todos os ácaros e que os mecanismos de detecção os quais envolvem a percepção pelas sensilas presentes nos palpos e tarsos,

sendo que as sensilas olfativas detectam químicos volatilizados enquanto as gustativas detectam químicos através do contato direto.

Os mesostigmatas (ordem que compreende as principais famílias de ácaros predadores) possuem ainda o *pilus dentilis* estrutura encontrada no dígito fixo da quelícera, a qual possui sensores mecanorreceptores e quimiorreceptores. Ainda no idiossoma, quelíceras e pernas têm-se as liri-fissuras que são responsáveis pela percepção de pressão em diversas atividades como muscular, de vibração do substrato ou pressão da hemolinfa, sendo então sua associação realizada com a coordenação dos movimentos ambulatoriais. (MORAES; FLECHTMANN, 2008; KRANTZ; WALTER, 2009).

2.5.2 Uso de infoquímicos em ácaros plantícolas

A comunicação química entre os ácaros se dá por diversos odores, cujas funções ainda merecem estudos. A dinâmica populacional sofre variação de acordo com a liberação de odores pelos organismos envolvidos no sistema (Pallini; Janssen; Sabelis, 1997). Por exemplo, no controle biológico geralmente pensa-se em um sistema simplificado envolvendo herbívoro-planta-inimigo natural, porém estes são apenas partes de um todo onde os mesmos infoquímicos usados neste sistema podem ser usados por outros para detecção e utilização no ambiente (Pallini; Janssen; Sabelis, 1999). Quando uma planta emite voláteis para sinalizar ao inimigo natural a presença do herbívoro, esta pode se tornar conspícua ao ataque de um segundo herbívoro, portanto, várias são as formas pelas quais os envolvidos neste sistema interagem fazendo uso dos infoquímicos. (PALLINI; VENZON; JANSSEN, 2001).

Quanto ao uso de caimônio Sabelis e Van de Baan (1983) demonstram que tanto *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) como *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) emitem diferentes infoquímicos, neste caso um caimônio pois, seus predadores fitoseídeos usufruem deste sinal. Os caimônios podem beneficiar seu receptor de diferentes formas, sendo esta emitida pela sua presa preferencial e assim propiciando sua localização, ou influenciando sua resposta pela prévia experiência em sua alimentação ou pela necessidade em obter algum nutriente que esteja em deficiência em sua dieta, predando uma presa alternativa. Portanto, estes sinais enviados por estas presas as quais o predador as usa como caimônios provocam resposta no predador. (DICKE; SABELIS; GROENEVELD, 1986).

A dieta dos predadores pode influenciar na escolha de sua presa. Dicke (1988) ao realizar experimentos para observação da resposta de *Typhlodromus pyri* Scheuten, 1857 em relação a três presas: *P. ulmi*, *T. urticae* e *Aculus schlechtendali* (Nalepa, 1890) obteve como resultados que o predador ao ser criado apenas com *T. urticae* respondeu apenas ao caimônio de *P. ulmi*, e, quando criados com outros elementos em sua dieta como o polén (*Vicia faba* (L., 1753)) responderam as três presas mas, quando testadas a preferência destes fitófagos diferiram, sendo *P. ulmi* a presa preferencial. Esta diferença pode ser explicada pela baixa presença de carotenóides no polén, sendo este compensado pela predação de *P. ulmi*, *T. urticae* e *A. schlechtendali*. Então *T. pyri* necessita de carotenóides em sua alimentação, todavia não foi estabelecida esta relação e quanto a função conhecida dos carotenóides, foi a de que estes estão envolvidos na indução de diapausa.

Pallini, Janssen e Sabellis (1997) testaram plantas de pepino infestadas com seus coespecíficos e heteroespecíficos competidores e os resultados demonstraram que *T. urticae* apresentou uma preferência por plantas infestadas com seus coespecíficos e plantas limpas de qualquer infestação, mas não preferem plantas infestadas com o heteroespecífico predador *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895), o que do ponto de vista funcional corrobora com o esperado, já que tripes são concorrentes na herbivoria e podem preda ácaros. Estudos como o de Janssen *et al.*, (1999), mostram que os ácaros podem diferenciar e responder a odores de seus predadores através de feromônio de alarme. *T. urticae* também foi atraído para plantas com seu predador contudo se discute quanto a distância dessa percepção pois, numa mesma planta com a presença de *Phytoseilus persimilis* Athias-Henriot, 1957 eles foram encontrados mas, em folhas livres de seu predador, fazendo com que o risco de predação fosse minimizado.

T. urticae ao ser relacionado com a presença de dois predadores *P. persimilis* e *N. californicus* diferenciam entre estes, evitando plantas com *P. persimilis* mas não evitando com *N. californicus*, confirmando que o fitófago prefere plantas sem a presença de predadores mas, pode tolerar a presença dos mesmos, minimizando os riscos de predação. (PALLINI; JANSSEN; SABELLIS, 1999).

Em experimentos de preferência de presa com duas espécies de tetraníquideos *T. urticae* e *Tetranychus evansi* (Baker & Pritchard, 1960), *P. persimilis* preferiu ovos de *T. urticae*, o predador também consome *T. evansi* mas não prontamente, primeiramente faz uma sondagem sugerindo algo que o impeça de alimentar-se. Contudo quando estes ovos foram tratados com caimônios de fêmeas adultas mostrou forte preferência por *T.*

urticae. Mas não foram encontradas evidências de alomônios deixados por *T. evansi*, mas sim sugere-se que a eficiência do cairomônio de *T. urticae* seja maior do que a de *T. Evansi*. (MORAES; McMURTRY, 1985).

N. californicus ao ser testado quanto a sua atratividade por volatéis de folhas de feijão-lima (*Phaseolus lunatus* Linnaeus, 1753) com *T. urticae*, sugeriu-se que este predador pode explorar uma maior variedade de infoquímicos originados tanto de sua presa quanto dos emitidos pelas plantas. Pois, *N. californicus* foi atraído por voláteis de plantas de feijão infestadas com *T. urticae* e plantas com dano mecânico e com a presença de *T. urticae* onde seus produtos visíveis (fezes, ovos, exúvias, teias) foram retirados, além disso também foram testados compostos sintéticos associados COVs e à todos estes o predador também respondeu. (SHIMODA *et al.*, 2005).

Em uma revisão de 10 anos de publicações referentes ao conceito de que a resposta comportamental de predadores dependem tanto do grau de especialização quanto das espécies hospedeiras envolvidas no sistema Steidle e Van Loon (2003) ressaltam que de acordo com este conceito os predadores aprenderam a reagir aos COVs e a pistas dos hospedeiros, sendo o uso de pistas químicas mais comum em generalistas do que em especialistas. Todavia não se observou diferenças significativas desta diferenciação e sim ambos utilizam destes sinais para localização da presa. Sendo então o uso destes aleloquímicos utilizados por todos os artrópodes independente do seu grau de especialização.

Os ácaros fitófagos podem, por ocasião do dano em plantas induzi-lás a produção de voláteis, porém busca-se saber se a infestação múltipla por tetraníquidos sendo *T. urticae* comumente encontrado em morangueiro e *Olygonchus ilicis* (McGregor, 1917) ocasionalmente encontrado, quando da atração à *P. macropilis*. Os ensaios demonstraram que *P. macropilis* preferiu plantas com apenas *T. urticae* e evitou plantas com a presença apenas de *O. ilicis* ou da associação de ambas espécies fitófagas, sendo assim concluí-se que a presença de uma espécie que não é presa preferencial do predador pode alterar seu comportamento predatório. (FADINI *et al.*, 2010).

Ao comparar frutos de coco infestados com os eriofídeos *Aceria guerreronis* Keifer, 1965 e *Steneotarsonemus convavuscutum* Lofego & Gondim Jr., 2006 para atração de *Neoseiulus baraki* Hughes, 1948 obteve-se como resultado que, o fitoseídeo foi ligeiramente mais atraído por cocos que foram infestados apenas com a presa *A. guerreronis*. Sendo assim associado a odores, provavelmente cairomônio (predador) ou como o coco estava presente no momento do contraste poderia ser um sinomônio.

Admitiu-se neste estudo que se fossem odores emitidos pela injúria da planta o predador teria sido atraído por qualquer que fosse o fitófago. (LIMA *et al.*, 2016).

Em estudo sobre se as diferentes presas *Mononychellus tanajoa* (Bondar, 1938) um ácaro especialista, *T. urticae* e *Tetranychus gloveri* (Baker & Pritchard, 1962) ácaros generalistas quando oferecidas em diferentes infestações com 200 ou 400 indivíduos em plantas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), causariam diferentes respostas comportamentais no predador *Neoseilus idaeus* (Denmark & Muma, 1973) sendo que este poderia ou não ter prévia experiência de alimentação com os mesmos e, acrescenta-se a isto a identificação dos COVs emitidos pela planta. Teve-se como resultado que *N. idaeus* necessita de prévia experiência para diferenciar entre os odores de plantas infestadas ou não infestadas independente da quantidade e espécie de indivíduos, as diferentes densidades de infestações geram diferentes emissões de COVs. (PINTO-ZEVALLOS *et al.*, 2018).

Ao verificar a preferência olfativa do predador *N. californicus* frente a *T. urticae* e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) em plantas de milho (*Zea mays*, L.) convencionais e Bt (geneticamente modificadas), o ácaro predador não foi capaz de diferenciar entre plantas de milho convencionais ou Bt infestadas quer por infestação simples ou múltipla. No entanto, foram observadas alterações químicas entre plantas convencionais e Bt mas, estas não são capazes de atrair este predador. (BOTI *et al.*, 2019)

2.5.3 Defesa de plantas

A herbivoria provoca defesas nas plantas que podem ser expressas continuamente ou ser induzidas em resposta a algum estresse (Pinto-Zevallos *et al.*, 2013). As defesas constitutivas independem da ação do herbívoro, ou seja, são contínuas e podem ser adaptações estruturais da planta que venham a dificultar o acesso do herbívoro ao recurso ou, ainda, compostos químicos presentes em concentrações variadas nos tecidos vegetais. (ZAKIR, 2011).

Entende-se como defesa induzida, todas as medidas que a planta se utiliza para se defender contra herbívoros, e deste modo diminuir o interesse do herbívoro pelo recurso. Como o aumento na densidade de tricomas ou demais barreiras físicas, outra ação das plantas na defesa contra os herbívoros, está em aumentar a eficiência da atração dos inimigos naturais potencializando estes sinais, que ocorre através dos sinônimos (Takabayashi; Dicke; Posthumus, 1994; Pinto-Zevallos *et al.*, 2013). As folhas das

plantas normalmente liberam quantidades pequenas de voláteis, mas quando esta sofre dano por parte de um herbívoro, muitos outros voláteis são liberados, fazendo com que a planta emita aleloquímicos para atração dos inimigos naturais (Paré; Tumlinson, 1999). Esses compostos orgânicos voláteis (COVs) servem de linguagem de como as plantas interagem com seu ambiente. (RIFFEL; COSTA, 2015).

Esses sinomônios induzidos por herbívoros são emitidos a partir das áreas danificadas e não danificadas das plantas, e essa composição varia de acordo com as espécies de planta, dependendo de quatro variáveis: a cultivar da planta, o estágio de crescimento da planta, a espécie herbívora que está atacando a planta e, condições abióticas, tais como, luminosidade, estação do ano e estresse hídrico (Pinto-Zevallos *et al.*, 2013). Os ácaros predadores lidam com essa variedade de sinomônios ou por reconhecimento inato ou pela especialização destes através da aprendizagem. (TAKABAYASHI *et al.*, 1994).

Uma planta ao ser atacada por fitófagos emite defesas através de seus compostos químicos mas, sugere-se que espécies com o mesmo modo de alimentação induzam defesas semelhantes nas plantas, e, se espera que cada fitófago tenha efeito negativo um sobre o outro (Oliveira; Pallini; Janssen, 2015). Oliveira, Pallini e Janssen (2015) obtiveram como resultados de seus experimentos que fitófagos com modos de alimentação semelhantes têm efeitos opostos nas defesas da planta. Nesse estudo de caso, *T. urticae* e *T. evansi* foram observados em tomateiro, mas *T. urticae* induz a defesa das plantas e *T. evansi* as reduz. Isto se explica porque as plantas após ataque por estes fitófagos, após 1 dia de exposição, *T. urticae* teve diminuída sua taxa de oviposição e *T. evansi* teve suas taxas aumentadas, assim se beneficiando das defesas induzidas do tomateiro. Em estudo sobre a resposta quimiotáxica de *T. urticae* a diferentes combinações de laranja Azeda e tangerina Cleópatra com a presença ou ausência deste fitófago na ocasião dos contrastes Cabedo-López *et al.*, (2019) observaram que este fitófago teve sua preferência em virtude da combinação de plantas e os VIPHs por elas emitidos e, não pela presença de seus coespecíficos. Plantas de feijão-lima (*P. lunatus*) ao serem infestadas por *T. urticae* produziram uma mistura de voláteis que diferiram dos emitidos por plantas não infestadas mas danificadas mecanicamente. Estes foram sinomônios que a planta emitiu e atraíram o predador *P. persimilis*, indicando assim a comunicação química entre plantas e predadores. (TAKABAYASHI; DICKE, 1996).

Predadores podem interpretar e se beneficiar quando da percepção e utilização de aleloquímicos. *P. persimilis* ao ser testado quanto da associação de aprendizado de

estímulo positivo na presença da presa *T. urticae* demonstrou que é atraído por odores de plantas infestadas com *T. urticae* mesmo sem prévia exposição, tendo então respondido de acordo com o contexto e não com a familiaridade de seus ancestrais com as plantas (Drukker *et al.*, 2000). *N. californicus* ao ser confrontado com compostos sintéticos e plantas com *T. urticae* demonstrou não discriminar entre estas, no entanto, alguns compostos foram mais atrativos ao predador sendo assim, sua atratividade quase se igualada a mistura desses compostos sintéticos com a infestação por *T. Urticae*. (SHIMODA, 2010).

Segundo Ataíde *et al.*, (2016) no que se refere as defesas induzidas reguladas pelo fitormônio ácido jasmônico, *T. urticae* e *T. evansi* foram testados com diferentes tipos de ácidos jasmônicos quer sejam artificiais ou com diferentes níveis de moléculas e foi observado que as respostas induzidas pelo ácido jasmônico afetaram negativamente os fitófagos porém afetou positivamente a produção e sobrevivência dos ovos pois, o predador (*Phytoseiulus longipes* Evans, 1958), que preda ambos tetraníquedeos teve diminuída sua predação em plantas que expressam fortemente o ácido jasmônico, tendo então suprimida a atração de inimigos naturais. Em estudos quanto a relação predador-presa, as plantas expostas previamente a predadores de *T. urticae* sofreram menos danos em comparação com as não expostas, isto provavelmente se deve a defesa das plantas que produzem ácido jasmônico, relacionado a defesa induzida de plantas, assim afetando o desempenho dos fitófagos. (PAPPAS; STEPPUHN; BROUFAS, 2016).

Vários trabalhos vem sendo desenvolvidos com a aplicação de fitormônios à fim de incrementar a defesa de plantas. Farouk e Osman (2011) avaliaram a aplicação foliar de ácido salicílico e metil jasmonato (MeJA) em feijoeiros (*Phaseolus vulgaris*) para o controle de *T. urticae* e como resultado obtiveram que além do efeito positivo na redução da infestação pelo ácaro-rajado, as plantas de feijão apresentaram um aumento de produtividade. Assim sendo, estes fitormônios podem ser utilizados para controlar *T. urticae* e melhoram a produtividade do feijoeiro. O ácaro-rajado, *T. urticae* ao ser avaliado sobre o efeito do ácido salicílico sob a indução de defesa em morangueiro (*Fragaria* sp.) de duas cultivares Aromas e Sweet Charlie, tiveram como resultado que o ácido salicílico ocasionou a redução da sobrevivência e oviposição nestes indivíduos (Favaro *et al.*, 2019). Já para a associação do efeito de ácido salicílico em tomateiro (*Solanum* sp.) como indutor de resistência a *T. urticae* e *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) PULGA *et al.* (2020) obtiveram como resultados para o ácaro-rajado a redução da

oviposição, de ninfas e da mobilidade, para à traça-do-tomateiro redução da oviposição, lagartas e da severidade dos danos por ela ocasionados.

2.5.4 Interações tritróficas

A relação tritrófica tem sido hipotetizada como uma estratégia de defesa indireta de plantas que recruta inimigos naturais para incapacitar os herbívoros e/ou também atraí-los e este fato nos sugere duas hipóteses diferentes para o papel dos voláteis de plantas induzidos por herbívoros (HIPVs). Na primeira hipótese, os HIPVs atraem inimigos naturais e repelem herbívoros, enquanto, na segunda hipótese, os HIPVs atraem tanto inimigos e herbívoros. (EL-SAYED *et al.*, 2018).

Segundo Takabayashi, Dicke e Posthumus (1994) as interações do sistema planta-fitófago-predador se dá por diferentes observações e, ao ser observada entre feijão-lima e pepino, com *T. urticae* e *P. persimilis*. Observaram que o mecanismo de aprendizado é a sensibilização, pois *P. persimilis* foi criado de duas maneiras diferentes em feijão e apenas com *T. urticae* respondeu diferente do que teve a experiência prévia em folhas de pepino. Sugeriu-se neste estudo que quando o predador teve exposição a folhas de pepino infestadas com *T. urticae* conseqüentemente aumentou sua preferência pelo pepino e com isto a evidenciação de que os sinomônios induzidos por herbívoros são percebidos e causam uma resposta comportamental e fisiológica no inimigo natural.

Em um sistema tritrófico composto por feijão (*Phaseolus vulgaris*, Linnaeus, 1753), *T. urticae* e *Neoseiulus womersleyi* (Schicha, 1975), foi estudado o efeito da luz na produção de COVs, sabe-se que *N. womersleyi* é atraído por estes COVs induzidos por *T. urticae* em feijão. Neste trabalho buscou-se primeiramente correlacionar a luz com os COVs, através da observação de *T. urticae* se alimentando durante o dia e a noite. Após a afirmação onde se constatou que plantas de feijão infestadas com *T. urticae* em diferentes períodos do dia produzem estes voláteis. Observou-se também a oviposição do fitófago que apresentou maior taxa de oviposição e passou mais tempo se alimentando à luz. Ainda, afim de correlacionar o comportamento de forrageamento de *N. womersleyi* as folhas infestadas colocadas a luz atraíram o predador, enquanto que as folhas infestadas colocadas no escuro não atraíram. Portanto estes resultados demonstram que o comportamento de *N. womersleyi* coincide com o padrão de produção de COVs. (MAEDA *et al.*, 2000).

Boer, Posthumus e Dicke (2004) ao investigarem se *P. persimilis* consegue discriminar entre plantas de feijão-lima infestadas por *T. urticae* ou *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) observaram uma resposta positiva do predador, o qual distinguiu entre estas, tanto em relação a presença do herbívoro e densidade. Neste estudo o predador preferiu os voláteis induzidos por sua presa específica quando em densidade elevada (40 ind./folha), e também preferiu as formas móveis a ovos. Boer, Posthumus e Dicke (2004) ainda em experimentos após a análise da composição química das misturas de voláteis emitidos pelo feijoeiro com diferentes herbívoros e densidade, selecionaram compostos para posterior avaliação. E destes selecionados o fitormônio salicilato de metila em conjunto com outros dois compostos, emitido por *T. urticae* infestando o feijão em comparação por *S. exigua* fez com que *P. persimilis* discriminasse entre eles, demonstrando assim, que esta composição de voláteis pode desempenhar um papel importante no comportamento de forrageamento de inimigos naturais.

Segundo Pinto-Zevallos *et al.* (2018) as plantas danificadas por herbívoros produzem os COVs, os quais são compostos que medeiam as interações ecológicas que envolvem a comunicação entre os organismos. No intuito de compreender essas interações Pinto-Zevallos *et al.* (2018) testaram três espécies de fitófagos *Mononychellus tanajoa* (Bondar, 1938), *T. urticae* e *Tetranychus gloveri* Banks, 1900 com o predador *Neoseiulus idaeus* Denmark e Muma, 1973 em mandioca com diferentes quantidade de infestação de fitófagos e sua experiência com os mesmos. Foi observado que *N. idaeus* foi atraído pela prévia experiência com estes ácaros, e, conseqüentemente com seus voláteis fazendo assim uso de cairomônios e todos os fitófagos causaram a emissão de compostos.

Na interação tritrófica entre citrus, o fitófago *T. urticae* e três espécies de predadores *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot, 1960), *N. californicus* e *P. persimilis* (os quais possuem diferentes níveis de especializações em relação a presa e diferentes hábitos alimentares). Observou-se que suas respostas foram dependentes do conjunto composto por plantas, presença da presa e da especialização destes predadores. Sendo assim demonstrado que o comportamento destes predadores é modulado de acordo com o conjunto destas interações e não apenas pela sua presa. (CABEDO-LÓPEZ *et al.*, 2019).

2.6 Referências

ATAIDE, L. M. S. *et al.* Induced plant-defenses suppress herbivore reproduction but also constrain predation of their offspring. **Plant Science**, Shannon, v. 252, p. 300-310,

Nov. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.08.004>. Acesso em: 15 maio 2021.

BOER, J. G.; POSTHUMUS, M. A.; DICKE, M. Identification of volatiles that are used in discrimination between plants infested with prey or nonprey herbivores by a predatory mite. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, n. 11, p. 2215-2230, Nov. 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1023/b:joec.0000048784.79031.5e>. Acesso em: 20 maio 2021.

BOTTI, J. M. C. *et al.* Preference of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) for volatiles of Bt maize induced by multiple herbivory. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 63, p. 283-289, Oct. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2019.09.003>. Acesso em: 28 maio 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Portaria nº 111, de 05 de agosto de 2019. Aprovar o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de feijão 1ª safra no Estado do Rio Grande do Sul, ano safra 2019/2020. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, v. 152, p. 115, 8 ago. 2019.

BROUGHTON, W. J. *et al.* Beans (*Phaseolus sp.*) – model food legumes. **Plant and Soil**, The Hague, v. 252, p. 55-128, 2003. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1024146710611>. Acesso em: 2 jun. 2021.

CABEDO-LÓPEZ, M. *et al.* The olfactive responses of *Tetranychus urticae* natural enemies in citrus depend on plant genotype, prey presence, and their diet specialization. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 92, p. 1165–1177, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01107-7>. Acesso em: 6 jun. 2021.

CARR, A. L.; ROE, M. Acarine attractants: chemoreception, bioassay, chemistry and control. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, New York, v. 131, p. 60-79, July 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.12.009>. Acesso em: 20 maio 2021.

COLLIER, K. F. S. *et al.* Estímulos olfativos envolvidos na localização de presas pelo ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) em macieiras e plantas hospedeiras alternativas. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 631-639, dez. 2001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-566x2001000400018>. Acesso em: 15 maio 2021.

CORRÊA, A.; SANT'ANA, J. Ecologia química de insetos. *In*: CORRÊA, A. G.; VIEIRA, P. C. (org.). **Produtos naturais no controle de insetos**. São Carlos: UFSCar, 2007. p. 9-17.

COSTA, C. S. R.; HENZ, G. P. (ed.). **Pimenta (*Capsicum sp.*)**. [Brasília, DF]: Embrapa Hortaliças, 2007. (Sistemas de Produção, 2). Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/autores.html. Acesso em: 23 out. 2018.

- DELFINI, J. *et al.* Population structure, genetic diversity and genomic selection signatures among a Brazilian common bean germplasm. **Nature**, London, v. 11, [art.] 2964, [p. 1-10] 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82437-4>. Acesso em: 29 maio 2021.
- DICKE, M. Prey preference of the phytoseiid mite *Typhlodromus pyri*: 1. Response to volatile kairomones. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 4, n. 1, p.1-13, Feb. 1988.
- DICKE, M.; SABELIS, M. W. Infochemical terminology: based on cost-benefit analysis rather than origin of compounds? **Functional Ecology**, Oxford, v. 2, n. 2, p. 131-139, 1988. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2307/2389687>. Acesso em: 18 maio 2021.
- DICKE, M.; SABELIS, M. W.; GROENEVELD, A. Vitamin A deficiency modifies response of predatory mite *Amblyseius potentillae* to volatile kairomone of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 12, n. 6, p. 1389-1396, 1986. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/BF01012358>. Acesso em: 21 maio 2021.
- DITONET, A. D.; SILVA, S. C. Elementos climáticos e produtividade do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 13-19, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/60989/1/Didonet-IA.pdf>. Acesso em: 20 maio 2021.
- DRUKKER, B. *et al.* How predatory mites learn to cope with variability in volatile plant signals in the environment of their herbivorous prey. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 24, n. 12, p. 881-895, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1023/a:1010645720829>. Acesso em: 12 maio 2021.
- EL-SAYED, A. M. *et al.* Caterpillar-induced plant volatiles attract conspecific herbivores and a generalist predator. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 142, n. 5, p. 495-503, Jan. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/jen.12495>. Acesso em: 12 maio 2021.
- EVANS, G. O. **Principles of acarology**. Wallingford: CAB Internacional, 1992. 563 p.
- FADINI, M. *et al.* Response of the predatory mite *Phytoseiulus macropilis* (Banks) to volatiles produced by strawberry plants in response to attack by Tetranychid mites (Acari: Phytoseiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 2, p. 248-252, abr. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-566x2010000200016>. Acesso em: 6 jun. 2021.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS. **Crops**. [Base de Dados FAOSTAT]. Rome: FAO, [2019]. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- FAROUK, S.; OSMAN, M. A. The effect of plant defense elicitors on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth and yield in absence or presence of spider mite

(*Tetranychus urticae* Koch) infestation. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, Irkutsk, v. 7, n. 3, p. 5-22, 2011.

FAVARO, R. *et al.* Salicylic acid: resistance inducer to two-spotted spider mite in strawberry crop. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 60-64, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620190109>. Acesso em: 15 maio 2021.

FEPAGRO - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Fepagro 26**: nova variedade de feijão preto teve pré-lançamento na Globaltech. Porto Alegre: FEPAGRO, 19 maio 2005. Disponível em: <https://www.estado.rs.gov.br/fepagro-26-nova-variedade-de-feijao-preto-teve-pre-lancamento-na-globaltech>. Acesso em: 28 maio 2021.

FEPAGRO - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivar de feijão Fepagro Garapiá**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2014. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202105/11153509-1410787800-garapi-u.pdf>. Acesso em: 28 maio 2021.

FERLA, N. J.; MARCHETTI, M. M.; GONÇALVES, D. Ácaros predadores (Acari) associados à cultura do morango (*Fragaria* sp., Rosaceae) e plantas próximas no Estado do Rio Grande do Sul. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 103-110, jul. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1676-06032007000200012>. Acesso em: 6 jun. 2021.

FLECHTMANN, C. H. W. **Ácaros de importância agrícola**. 6. ed. São Paulo: Nobel, 1989. 189 p.

FREITAS, F. O. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 7, p. 1199-1203, jul. 2006.

JANSSEN, A. *et al.* Absence of odour-mediated avoidance of heterospecific competitors by the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 92, n. 1, p. 73-82, July 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1023/a:1003708512701>. Acesso em: 8 jun. 2021.

JONES, A. L. **Phaseolus bean**: post-harvest operations. Rome: FAO, 1999. Disponível em: <http://www.fao.org/3/av015e/av015e.pdf>. Acesso em: 30 maio 2021.

KRANTZ, G. W. **A manual of acarology**. 2nd ed. Corvallis: Oregon State University Bookstores, 1978. 489 p.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A manual of acarology**. 3rd ed. Lubbock: Texas Tech University Press, 2009. 816 p.

LIMA, D. B. *et al.* Predator performance is impaired by the presence of a second prey species. **Bulletin of Entomological Research**, New York, v. 107, n. 3, p. 313-321, Nov. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1017/s0007485316000900>. Acesso em: 6 jun. 2021.

MAEDA, T. *et al.* Effects of light on the tritrophic interaction between kidney bean plants, two-spotted spider mites and predatory mites, *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 24, n. 5/6, p. 415-425, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1023/a:1006449108245>. Acesso em: 12 maio 2021.

MAGALHÃES, D. M. *et al.* Semioquímicos no controle de pragas. In: FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. (ed.). **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap.13, p. 415-452. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1121825/control-biologico-de-pragas-da-agricultura>. Acesso em: 8 maio 2021.

MARAFELI, P. P. *et al.* Life history of *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae) fed with castor bean (*Ricinus communis* L.) pollen in laboratory conditions. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 74, n. 3, p. 691-697, ago. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/bjb.2014.0079>. Acesso em: 12 maio 2021.

MCMURTRY, J. A.; MORAES, G. J.; SOURASSOU, N. F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic & Applied Acarology**, London, v. 18, n. 4, p. 297-320, Dec. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11158/saa.18.4.1>. Acesso em: 8 jun. 2021.

MORAES, G. J.; MCMURTRY, J. A. Chemically mediated arrestment of the predaceous mite *Phytoseiulus persimilis* by extracts of *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae*. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 1, n. 2, p. 127-138, 1985. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/bf01270592>. Acesso em: 6 jun. 2021.

MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2008. 308 p.

MORAIS, P. *et al.* **Controle biológico do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) em morangueiro em cultivo protegido**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2008. Disponível em: https://www.google.com.br/search?biw=1366&bih=626&ei=pzTcW_fXCoalwgTxbHwAw&q=controle+biologico+em+acaros+em+cultivo+protegido&oq=controle+biologico+em+acaros+em+cultivo+protegido&gs_l=psyab.3..33i160k1.34667.46955.0.47472.58.44.4.7.7.0.318.5554.0j30j5j2.37.0...0...1c.1.64.psyab..10.42.4265...0j0i131k1j0i67k1j0i10k1j0i22i30k1j33i22i29i30k1.0.6SUzLDgUTx4. Acesso em: 23 out. 2018.

MOREIRA, L. R. *et al.* Infoquímicos de tomateiro mediam o comportamento de herbívoros? **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 295, n. 51, p. 397-404, 2004.

OLIVEIRA, E. F.; PALLINI, A.; JANSSEN, A. Herbivores with similar feeding modes interact through the induction of different plant responses. **Oecologia**, Berlin, v. 180, n. 1, p. 1-10, May 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-015-3344-0>. Acesso em: 28 maio 2021.

OLIVEIRA, M. G. C. *et al.* **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085830/conhecendo-a-fenologia-dofejoeiro-e-seus-aspectos-fitotecnico>. Acesso em: 5 jun. 2021.

PALLINI, A.; JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Odour-mediated responses of phytophagous mites to conspecific and heterospecific competitors. **Oecologia**, Berlin, v. 110, n. 2, p. 179-185, 1997. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s004420050147>. Acesso em: 30 maio 2021.

PALLINI, A.; JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Spider mites avoid plants with predators. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 23, n. 10, p. 803-815, 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1023/a:1006266232714>. Acesso em: 12 maio 2021.

PALLINI, A.; VENZON, M.; JANSSEN, A. Infoquímicos de ácaros mediando interações em teias alimentares. *In*: VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001. cap. 13. p. 113-120.

PAPPAS, M. L.; STEPPUHN, A.; BROUFAS, G. D. The role of phytophagy by predators in shaping plant interactions with their pests. **Communicative & Integrative Biology**, Austin, v. 9, n. 2, p. 1-4, Jan. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/19420889.2016.1145320>. Acesso em: 11 maio 2021.

PARÉ, P. W.; TUMLINSSON, J. H. Plant volatiles as a defense against insect herbivores. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 121, n. 2, p. 325-331, Oct. 1999.

PINTO-ZEVALLOS, D. M. *et al.* Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbívoros. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 9, p. 1395-1405, ago. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422013000900021>. Acesso em: 17 maio 2021

PINTO-ZEVALLOS, D. M. *et al.* Species- and density-dependent induction of volatile organic compounds by three mite species in cassava and their role in the attraction of a natural enemy. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 74, n. 3, p. 261-274, Feb. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10493-018-0231-5>. Acesso em: 11 maio 2021.

PULGA, P. S. *et al.* Salicylic acid treatments induce resistance to *Tuta absoluta* and *Tetranychus urticae* on tomato plants. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 3, p. 288-294, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620200308>. Acesso em: 18 maio 2021.

RIBEIRO, N. D. *et al.* Estabilidade de produção de cultivares de feijão de diferentes grupos comerciais no Estado do Rio Grande do Sul. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 339-346, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000200007>. Acesso em: 31 maio 2021.

RIFFEL, A.; COSTA, J. G. **Os voláteis de plantas e o seu potencial para a agricultura**. Acaraju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 4 p. Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 18 out. 2018.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. **Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul**. 5. ed. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2020. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/fejao-e-mandioca>. Acesso em: 29 maio 2021.

SABELIS, M. W.; BAAN, H. E. Location of distant spider mite colonies by phytoseiid predators: demonstration of specific kairomones emitted by *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 33, n. 3, p. 303-314, May 1983. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1570-7458.1983.tb03273.x>. Acesso em: 31 maio 2021.

SATO, M. E. *et al.* **Inimigos naturais - Ácaros predadores: ácaro predador (*Neoseiulus californicus*)**. São Paulo: Instituto Biológico, 2016. Disponível em: http://www.sica.bio.br/guiabiologico/busca_inimigos_resultado_ok.php?Id=3&Vlt=2. Acesso em: 24 out. 2018.

SHIMODA, T. A key volatile infochemical that elicits a strong olfactory response of the predatory mite *Neoseiulus californicus*, an important natural enemy of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 50, n. 1, p. 9-22, June 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10493-009-9275-x>. Acesso em: 13 maio 2021.

SHIMODA, T. *et al.* The involvement of volatile infochemicals from spider mites and from food-plants in prey location of the generalist predatory mite *Neoseiulus californicus*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 31, n. 9, p. 2019-2032, Aug. 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10886-005-6075-6>. Acesso em: 23 maio 2021.

SILVA, H. T.; COSTA, A. O. **Caracterização botânica de espécies silvestres do gênero *Phaseolus L.* (Leguminosae)**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2003. (Documentos, 156). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAF/21629/1/doc_156.pdf. Acesso em: 1º jun. 2021.

SMITH, W. J. **The behavior of communicating: an ethological approach**. 3rd ed. Cambridge: Harvard University Press, 1980. 558 p.

SOSA-GÓMEZ, D. R. *et al.* **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 80 p. (Documentos / Embrapa Soja). Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=861830&biblioteca=CPAMN&busca=autoria:%22SOSA-G%20C3%93MEZ,%20D.%20R.%22&qFacets=autoria:%22SOSA-G%20C3%93MEZ,%20D.%20R.%22&sort=&paginaAtual=1>. Acesso em: 22 out. 2018.

STEIDLE, J. L. M.; VAN LOON, J. J. A. Dietary specialization and infochemical use in carnivorous arthropods: testing a concept. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 108, n. 3, p. 133-148, Sept. 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1570-7458.2003.00080.x>. Acesso em: 5 jun. 2021.

TAKABAYASHI, J.; DICKE, Marcel. Plant—carnivore mutualism through herbivore-induced carnivore attractants. **Trends in Plant Science**, Kidlington, v. 1, n. 4, p. 109-113, Apr. 1996. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s1360-1385\(96\)90004-7](http://dx.doi.org/10.1016/s1360-1385(96)90004-7). Acesso em: 13 maio 2021.

TAKABAYASHI, J.; DICKE, M.; POSTHUMUS, M. A. Volatile herbivore-induced terpenoids in plant-mite interactions: variation caused by biotic and abiotic factors. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 20, n. 6, p. 1329-1354, June 1994.

TAKABAYASHI, J. *et al.* Leaf age affects composition of herbivore-induced synomones and attraction of predatory mites. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 20, n. 2, p. 373-386, Feb. 1994. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/bf02064444>. Acesso em: 8 maio 2021.

TAKANO-LEE, M.; HODDLE, M. Predatory behaviors of *Neoseiulus californicus* and *Galendromus helveolus* (Acari: Phytoseiidae) attacking *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae) **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 26, n. 1/2, p. 13-26, Jan. 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1023/a:1020949531639>. Acesso em: 30 maio 2021.

UFRGS – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **A feira**. Porto Alegre: UFRGS, 2021. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/afeira>. Acesso em: 18 jun. 2021.

ZARBIN, P. H. G; RODRIGUES, M. A. C. M; LIMA, E. R. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. *Química Nova*, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 722-731, 2009.

ZAKIR, A. **Inducible defenses in herbivore-plant interactions**: function mechanisms and manipulations. Alnarp: Faculty of Landscape Planning. Swedish University of Agricultural Sciences, 2011. 27 p. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/84053463.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.

ZHANG, Z. **Mites of greenhouses**: identification, biology and control. Cambridge: Cabi Publishing, 2003. 235 p.

3 ARTIGO

Resposta de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) e *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) à aplicação de ácido salicílico em cultivares de feijoeiro*

*Artigo formatado conforme as normas da Experimental and Applied Acarology.

Resumo – Este estudo avaliou a influência da aplicação exógena do ácido salicílico em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) nas cultivares Fepagro26 e Garapiá na biologia e resposta quimiotática de *T. urticae* e *N. californicus*. Os experimentos foram executados em sala climatizada 25±°C, UR 70±10% e fotofase 16 horas. Para a verificação das doses de AS em contraste com a oviposição de *T. urticae*, foram colocadas três fêmeas do ácaro por planta/gaiola após 48 horas de aplicação dos tratamentos: folha com água, folha com água+álcool 1%, folha com água+álcool 5%, ácido salicílico 0,5mM, 1mM e 2,5mM. A oviposição foi acompanhada diariamente por 96 horas e os resultados foram submetidos a ANOVA fatorial. Ambas cultivares apresentaram interação entre as doses de AS e número de ovos de *T. urticae*. A análise de regressão entre doses de AS e quantidade de ovos apresentaram correlação apenas para Garapiá ($R^2 = 99,54$). A atratividade de *T. urticae* foi verificada em olfatómetro de dupla escolha (Y), onde o fitófago foi atraído pela combinação da cultivar Garapiá e aplicação da dose 0,5mM de AS ($p < 0,01$). Para *N. californicus* foi verificada a atratividade em olfatómetro de dupla escolha (Y), onde somente os voláteis oriundos da cv. Fepagro26 mais a presença de *T. urticae* (48h após a infestação) desencadearam comportamento quimiotático responsivo. Estes resultados sugerem que o AS pode ser uma ferramenta promissora no manejo integrado de pragas deste fitófago, porém nas cultivares estudadas influenciou a orientação quimiotática do predador.

Termos para indexação: ácaro-rajado, predador, *Phaseolus vulgaris*, comportamento, ácido salicílico e fitormônio

Abstract – This study evaluated the influence of exogenous application of salicylic acid in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Fepagro26 and Garapiá cultivars on the biology and chemotaxis response of *T. urticae* and *N. californicus*. The experiments were carried out in an acclimatized room at 25±°C, UR 70±10% and photophase for 16 hours. To verify the doses of AS in contrast to oviposition of *T. urticae*, three females of the mite were placed per plant/cage after 48 hours of application of the treatments: leaf with water, leaf with water+1% alcohol, leaf with water+ 5% alcohol, 0.5mM, 1mM and 2.5mM salicylic acid. Oviposition was monitored daily for 96 hours and the results were submitted to factorial ANOVA. Both cultivars showed interaction between AS doses and number of *T. urticae* eggs. The regression analysis between AS doses and number of eggs showed a correlation only for Garapiá ($R^2 = 99.54$). The attractiveness of *T. urticae* was verified in a dual-choice olfactometer (Y), where the phytophage was attracted by the combination of the cultivar Garapiá and application of a 0.5 mM dose of AS ($p < 0.01$). For *N. californicus*, the attractiveness was also verified in a dual-choice olfactometer (Y), where only volatiles from cv. Fepagro26 plus the presence of *T. urticae* (48h after infestation) triggered responsive chemotaxis behavior. These results suggest that AS can

be a promising tool in the integrated pest management of this phytophagous, but in the studied cultivars it influenced the chemotaxis orientation of the predator.

Index terms: spider mite, predator, *Phaseolus vulgaris*, behavior, salicylic acid and phytohormone

3.1 Introdução

A herbivoria desencadeia mecanismos de defesas nas plantas (Pinto-Zevallos et al. 2013) em resposta ao estresse sofrido, sendo que estes apresentam grande versatilidade e dependem da espécie vegetal e do herbívoro (Pinto-Zevallos et al. 2013; Yoneya e Takabayashi 2014), ativa rotas bioquímicas e induz a emissão de voláteis de defesa nas plantas (Dicke, 2015; Rezaie et al. 2018), denominados de VIPHs (Voláteis Induzidos por Plantas em Herbivoria). Estes compostos, podem atrair inimigos naturais de pragas (Pinto-Zevallos et al. 2013) e já foram associados, por Carr e Roe, 2016 como pistas químicas utilizadas por predadores na localização de ácaros fitófagos.

A produção de VIPHs acontece pela ativação de vias hormonais, as quais são principalmente intermediadas pelo ácido salicílico e o metil jasmonato que irão agir na indução de defesa das plantas. Quando as plantas são danificadas pela alimentação de artrópodes como o ácaro-rajado, expressam o ácido salicílico (AS) (Arimura et al. 2009).

O ácaro-rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) é uma das principais espécies de ácaros fitófagos e polífago no mundo (Jeppson et al. 1975; Moraes e Flechtmann, 2008; Grbić et al. 2011) e tem sido relatado como resistente a diversos acaricidas em diferentes culturas. Visando minimizar problemas como a resistência e a ressurgência, bem como impactos negativos sobre o meio ambiente e à saúde humana (Sato et al. 2009; Ferreira et al. 2015; Souza et al. 2016), novas tecnologias

vêm sendo propostas como métodos alternativos de controle e, dentre elas o uso de semioquímicos, os quais são usados nas interações com outros indivíduos de mesma ou de diferentes espécies, e estes podem ou não pertencer ao mesmo reino. (Magalhães et al. 2020).

Além destes métodos de controle alternativos temos o controle ocasionado pelo ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae), cosmopolita e ocorre em uma grande variedade de plantas (Collier et al. 2001; Demite et al. 2021), tanto em regiões quentes e secas, quanto quentes e úmidas (Ferla et al. 2007; Demite et al. 2021). Este fitoseídeo tem sido associado ao ácaro fitófago *T. urticae* em diversas culturas, tais como, amora-preta (*Robus* spp.) (Akyazi e Liburd, 2019), banana (*Musa sapientum*) (Rosales, 2017), citrus (*Citrus* spp.) (Jaques et al. 2015), maçã (*Malus domestica*) (Monteiro, 2002), mamão (*Carica papaya*) (Collier et al. 2004; Mena et al. 2020), morango (*Fragaria* spp.) (Greco et al. 2005; Greco et al. 2011; Toldi et al. 2013) e em rosas (*Rosa* spp.) (Marafeli et al. 2011; Souza-Pimentel et al. 2014). *N. californicus* está entre os mais importantes predadores de tetraniquídeos em sistemas agrícolas (McMurthry et al., 2013). E é o principal ácaro comercializado no Brasil para o controle de *T. urticae* (Monteiro et al. 2002; Reis, 2019).

Estudos têm demonstrado que a aplicação exógena de AS é eficiente no controle do ácaro-rajado em diferentes culturas. No feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) o AS reduziu as infestações por herbívoros, tais como o *T. urticae*, e contribuiu para a melhoria da produtividade do feijoeiro (Farouk e Osman 2011). Em morango (*Fragaria* sp. L.) a aplicação exógena de AS afetou a biologia e desenvolvimento do ácaro-rajado sendo um potencial indutor de resistência para *T. urticae* nessa planta (Favaro et al. 2019). No tomateiro (*Solanum* sp. L.) a aplicação de AS resultou na diminuição de ovos de *T.*

urticae, além da menor mobilidade e danos nas folhas, sendo assim eficiente no controle deste fitófago (Pulga et al. 2020).

Estudos constataram que em plantas de feijão-lima (*Phaseolus lunatus*), foi observada maior liberação de linalol e salicilato de metila após o ataque de *T. urticae*, o que resultou na atratividade de *N. californicus* (Shimoda et al. 2005; Shimoda, 2010). A presença do *T. urticae* também intensificou a emissão do salicilato de metila em citros (*Citrus aurantium* e *C. reshni*) o qual está associado as defesas induzidas pelo ataque deste fitófago e no comportamento de busca do predador, *N. californicus* (Cabedo-López et al. 2019).

Este mesmo fitormônio AS tem demonstrado potencial na atração de inimigos naturais (Rodriguez-Saona et al., 2011), bem como na indução de resistência de plantas (Favaro et al. 2019; Pulga et al. 2020). Contudo, não consta na literatura dados sobre a resposta quimiotática comparativa de ácaros predadores frente a duas diferentes cultivares de uma mesma planta, bem como a presença de plantas com injurias do herbívoro ou somente sob ação do fitormônio.

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivos avaliar o efeito do AS sob *T. urticae* tanto em sua biologia quanto em sua resposta quimiotática em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em duas cultivares (Fepagro26 e Garapiá) e conhecer as respostas quimiotáticas do ácaro predador *N. californicus* a feijoeiro destas mesmas cultivares com e sem a presença de *T. urticae* e com a aplicação do ácido salicílico apenas no Fepagro26.

3.2 Material e métodos

As populações de *T. urticae*, utilizadas nos experimentos, foram obtidas da criação do Laboratório de Acarologia/UFRGS. A criação dos ácaros em condições de laboratório foi feita em plantas de feijoeiro (*P. vulgaris*), semeadas e cultivadas

semanalmente em bandejas contendo substrato comercial (Carolina Soil®), mantidas em sala climatizada a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ UR e fotofase de 16 horas (metodologia adaptada de Kovaleski et al. 2006; Toldi et al. 2013 e Rezaie et al. 2018). Os ácaros predadores *N. californicus* foram adquiridos da Empresa Promip – Manejo Integrado de Pragas (SP/Brasil) e Koppert Biological Systems (SP/Brasil).

Foram utilizadas duas cultivares de feijão, Fepagro26 e a Garapiá, ambas cultivadas em casa de vegetação na área experimental da Faculdade de Agronomia/UFRGS. O experimento foi realizado de maio/2018 a março/2021. A semeadura foi feita em copos plásticos de 500ml com a base perfurada, com utilização de substrato comercial (Carolina Soil®) previamente umedecido e colocado quatro sementes por copo, com irrigação periódica de água. As plantas ficaram protegidas por gaiolas confeccionadas com tecido voil sem qualquer tratamento fitossanitário até o estágio de desenvolvimento V3, quando foram utilizadas nos testes.

A metodologia para o acompanhamento da biologia de *T. urticae* foi adaptada de Baronio et al. (2014). Foram utilizadas mini gaiolas formadas por espuma fixadas no papel de gramatura 120 vedados com tecido tipo “voile”, contendo um orifício circular de 2,5 cm de diâmetro (Fig.1a). Para evitar a fuga dos ácaros colocou-se uma barreira de algodão umedecido com água destilada no mesmo diâmetro do orifício (Fig. 1b). Para a melhor vedação junto às folhas e evitando danificá-las, esta gaiola foi suspensa com auxílio de um prendedor preso a uma base fixada no vaso (Fig.1c).

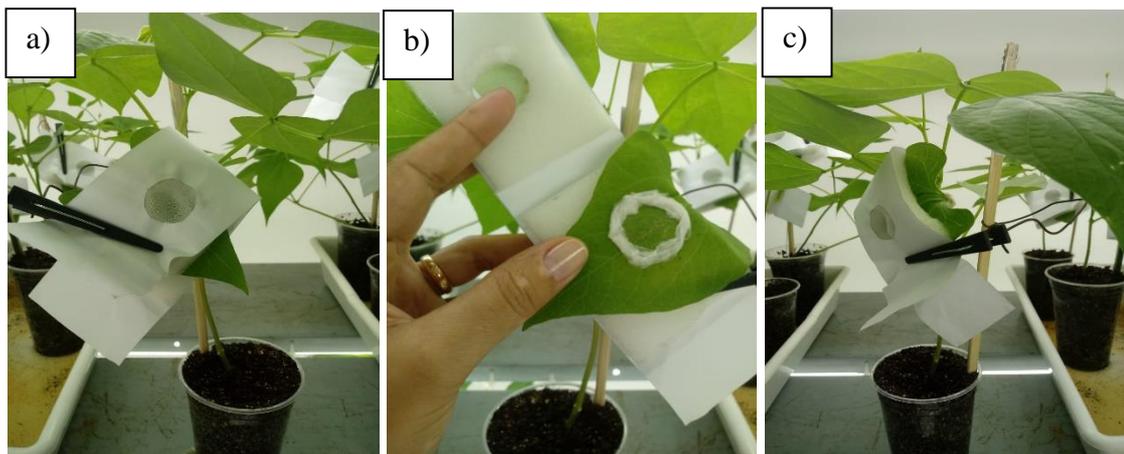


FIGURA 1. Construção das minigaiolas para o estudo de *T. urticae* em feijoeiro. a) Gaiola, b) Detalhe barreira de contenção e c) Haste de sustentação.

Este estudo foi conduzido em sala climatizadas a $25\pm^{\circ}\text{C}$, 70 ± 10 UR e fotofase de 16 horas. As plantas de feijão das cultivares Fepagro26 e Garapiá no estágio V3 utilizadas no estudo foram previamente atomizadas com as diferentes dosagens de AS (0,1; 0,5; 1 e 2,5mM) e os controles utilizados foram: água (A), água+álcool 1% (A+A1%) e água+álcool 5% (A+A5%). As soluções alcoólicas 1 e 5% (v/v) foram preparadas a partir da diluição de etanol 99,5% e as de ácido salicílico 99% Sigma-Aldrich® nas concentrações 0,1; 0,5; 1 e 2,5mM. As aspersões foram realizadas com auxílio de uma pistola por sucção acoplada a um motocompressor (Motomil RDC 5.6/8 1HP 127V) usando-se um volume de 2,5 ml de AS na folha previamente escolhida na qual a gaiola foi fixada. Após 48 horas da aplicação do AS, colocou-se três fêmeas de *T. urticae* em cada uma destas minigaiolas e após 96 horas estas foram contabilizadas. Adicionalmente fazia-se a contagem de ovos com o auxílio de lupa manual (20x). Para cada uma das cultivares de feijão foram estabelecidas 10 repetições (minigaiolas), onde cada planta equivale a uma unidade experimental, tendo assim, no total 10 repetições para cada dosagem para ambas cultivares de feijão (Fepagro26 e Garapiá), totalizando 70 minigaiolas para cada uma das cultivares.

Para a cultivar Fepagro26 foram utilizados os seguintes tratamentos: Fepagro26 + água (T1); Fepagro26 + álcool 1% (T2); Fepagro26 + álcool 5% (T3); Fepagro26 + álcool

1% + ácido salicílico 0,1mM (T4); Fepagro26 + álcool 1% + ácido salicílico 0,5mM (T5); Fepagro26 + álcool 1% + ácido salicílico 1mM (T6); Fepagro26 + álcool 5% + ácido salicílico 2,5mM (T7). Para a cultivar Garapiá os tratamentos usados foram: Garapiá + água (T1); Garapiá + álcool 1% (T2); Garapiá + álcool 5% (T3); Garapiá + álcool 1% + ácido salicílico 0,1mM (T4); Garapiá + álcool 1% + ácido salicílico 0,5mM (T5); Garapiá + álcool 1% + ácido salicílico 1mM (T6); Garapiá + álcool 5% + ácido salicílico 2,5mM (T7). Para a avaliação das respostas quimiotáticas de *T. urticae* e *N. californicus* foram utilizados o olfatômetro em tubo Y (com dimensões de haste de 5,3 cm, braços de 6 cm e ângulo de 60°), com um fio de no meio do aparelho para facilitar o deslocamento dos ácaros. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Etologia e Ecologia Química de Insetos/UFRGS, em ambiente climatizado a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $70\pm 10\%$ UR. Os ácaros testados foram previamente individualizados e aclimatados por 1 h na sala de testes.

O fluxo de ar foi injetado para dentro do sistema com o auxílio de um propulsor conectado a um fluxímetro a uma taxa de 0,2 L/min. A cada cinco ácaros o olfatômetro foi invertido no sentido horizontal (rotação 180°), e a cada dez repetições as plantas foram substituídas e este foi lavado com sabão neutro e seco em estufa de esterilização a 150°C. O ácaro *T. urticae* foi colocado no início da extremidade do olfatômetro com auxílio de pincel número 00 levemente umedecido com água, sendo observado durante cinco minutos. A escolha foi considerada positiva quando o ácaro percorreu 1/3 de um dos braços que contém o tratamento. Os ácaros que não ultrapassaram 1/3 em qualquer um dos braços dentro do tempo estipulado foram considerados não responsivos, sendo desconsiderados nas análises. Após os experimentos, as plantas de feijão foram substituídas, sendo utilizadas novas plantas a cada dez repetições.

A dose de 0,5mM de ácido salicílico (AS) (Sigma-Aldrich®) foi utilizada também na resposta quimiotática de *T. urticae* porque no teste referente a biologia destes ácaros

foi a que demonstrou ser a mais promissora, reunindo vantagens para o uso no seu controle, interferindo na quantidade de ovos. Para esta avaliação as plantas de ambas cultivares de feijoeiro, Fepagro26 e Garapiá, foram atomizadas com água (controle) em comparação as atomizadas com 0,5mM de AS 48h antes do início dos testes. O tratamento contraste utilizado foram plantas atomizadas com 0,5mM de AS em contraste com plantas controle (limpas e sem danos). As atomizações ocorreram com o auxílio de uma pistola por sucção acoplada a um motocompressor (Motomil RDC 5.6/8 1HP 127V) usando-se um volume de 5 ml de AS por planta.

Para avaliação da resposta quimiotóxica de *N. californicus* à voláteis de feijoeiro infestado ou não com *T. urticae* foram utilizadas 50 fêmeas adultas de *T. urticae* transferidas para plantas de feijão (ambas cultivares), com auxílio de pincel nº00 levemente umedecido com água. Foi observada a resposta do predador a plantas infestadas com ácaros, após 24 e 48 horas, em contraste com as não infestadas (controle). Também foi registrada a resposta quimiotóxica de *N. californicus* a plantas do cultivar Fepagro26 infestadas por 48 horas, mas sem a presença de *T. urticae* logo após a desinfestação (>30min) (t_0) e depois de 24 (t_{24}) e 48 horas (t_{48}), as quais foram comparadas com as plantas controle.

Foi avaliada a primeira escolha de primeira escolha de *N. californicus* entre os tratamentos com plantas de feijão cv. Fepagro26 atomizadas com água (controle) em comparação as atomizadas com ácido salicílico com e sem a presença de *T. urticae*.

Os dados referentes a avaliação da biologia foram analisados com Anova fatorial ao nível de significância de 5%. As análises de regressão usadas para averiguar a relação entre doses de AS e quantidade de ovos e, as análises referentes a olfatométrica utilizaram o programa BioEstat 5.0® ao nível de significância de 5% para o teste de Qui-quadrado (χ^2) de heterogeneidade. Foram realizadas pelo menos 40 repetições por tratamento.

3.3 Resultados

Os experimentos de biologia para as cultivares Fepagro26 e Garapiá (Tabela 1) indicam que os tratamentos com p-valor $\leq 0,0001$ tem seu efeito fortemente relacionado com as doses de AS e, que também há uma interação entre os tratamentos e o número de ovos de *T. urticae* com p-valor $\leq 0,04$.

TABELA 1. Número médio de ovos de *T. urticae* em feijoeiro das cultivares Fepagro26 e Garapiá.

FEPAGRO26						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
72	3	75	72	32	69	16
111	77	0	86	0	39	37
71	103	101	100	7	32	70
56	47	85	88	7	36	24
52	66	91	79	0	37	32
88	65	81	37	19	4	16
37	82	23	107	38	46	47
124	60	55	102	17	29	50
78	75	67	9	26	50	31
69	67	71	93	40	4	42
\bar{X} 75.2	70.7	64.9	82.5	18.6 *	34.6	38.1
GARAPIÁ						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
54	8	52	80	20	15	10
53	58	54	65	45	58	14
82	59	63	74	65	35	33
3	74	60	36	54	39	46
34	59	60	43	17	30	63
74	31	40	54	5	58	28
69	119	0	82	50	51	27
69	63	0	71	57	38	32
78	99	65	62	51	52	16
67	101	64	83	103	3	44
\bar{X} 58.3	74.7	45.8	65	46.7	37.9	31.3 *

TABELA 1. Número médio de ovos (média \pm erro padrão) de *T. urticae* em plantas de feijoeiro das cultivares Fepagro26 e Garapiá. Tratamentos utilizados: Fepagro26 + água (T1); Fepagro26 + álcool 1% (T2); Fepagro26 + álcool 5% (T3); Fepagro26 + álcool 1% + ácido salicílico 0,1mM (T4); Fepagro26 + álcool 1% + ácido salicílico 0,5mM (T5); Fepagro26 + álcool 1% + ácido

Continuação- salicílico 1mM (T6); Fepagro26 + álcool 5% + ácido salicílico 2,5mM (T7). Garapiá + água (T1); Garapiá + álcool 1% (T2); Garapiá + álcool 5% (T3); Garapiá + álcool 1% + ácido salicílico 0,1mM (T4); Garapiá + álcool 5% + ácido salicílico 0,5mM (T5); Garapiá + álcool 1% + ácido salicílico 1mM (T6); GA+A5%+2,5 - Garapiá + álcool 5% + ácido salicílico 2,5mM (T7). Onde tem-se uma interação entre os tratamentos de $P \leq 0,0001$ e entre a interação tratamentos e ovos $P \leq 0,05$. Asterisco indica a média mais baixa de ovos.

De acordo com a tabela 1 a média de ovos mais baixa para cultivar Fepagro26 foi o T5 já para Garapiá foi o T7.

Ao analisarmos a correlação entre as variáveis ovos x doses de AS na cultivar Fepagro26 (Fig.3a), percebe-se que os pontos estão fora da linha, além da baixa correlação entre $R^2 = 48,31\%$ ($p = 0,30$), demonstrando a falta de relação entre estas variáveis. Para cultivar Garapiá (Fig. 3b) ocorre o inverso, com a curva em descendência e o valor de $R^2 = 99,54\%$ ($p = 0,003$) demonstrando uma forte correlação entre as variáveis.

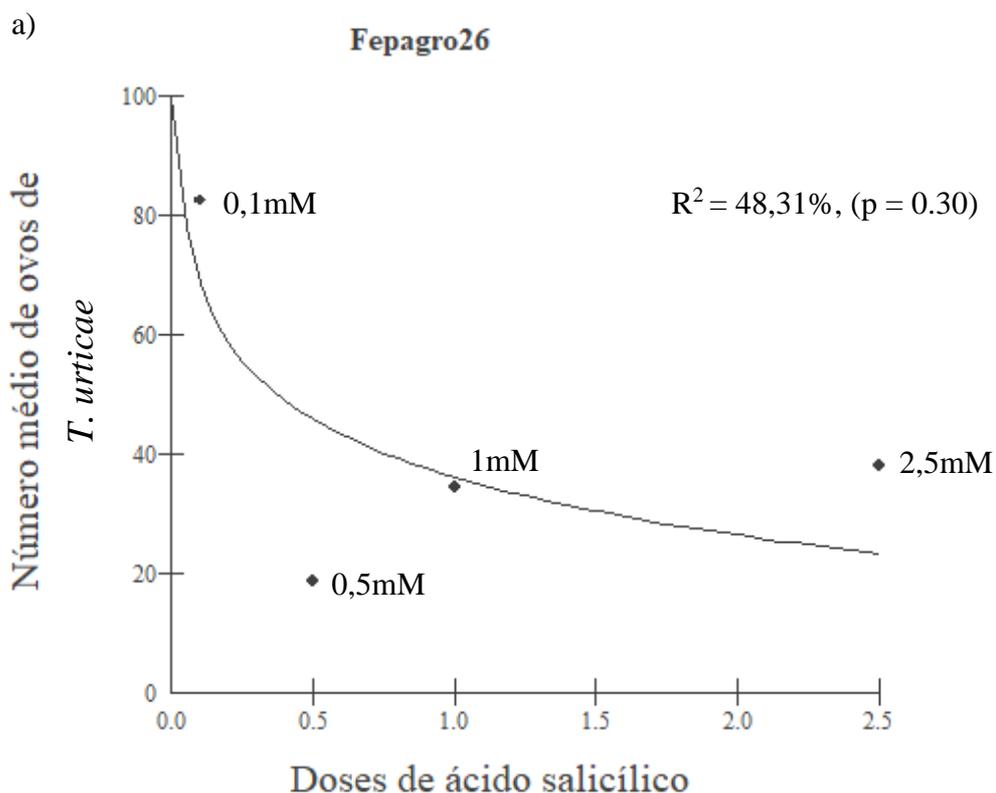
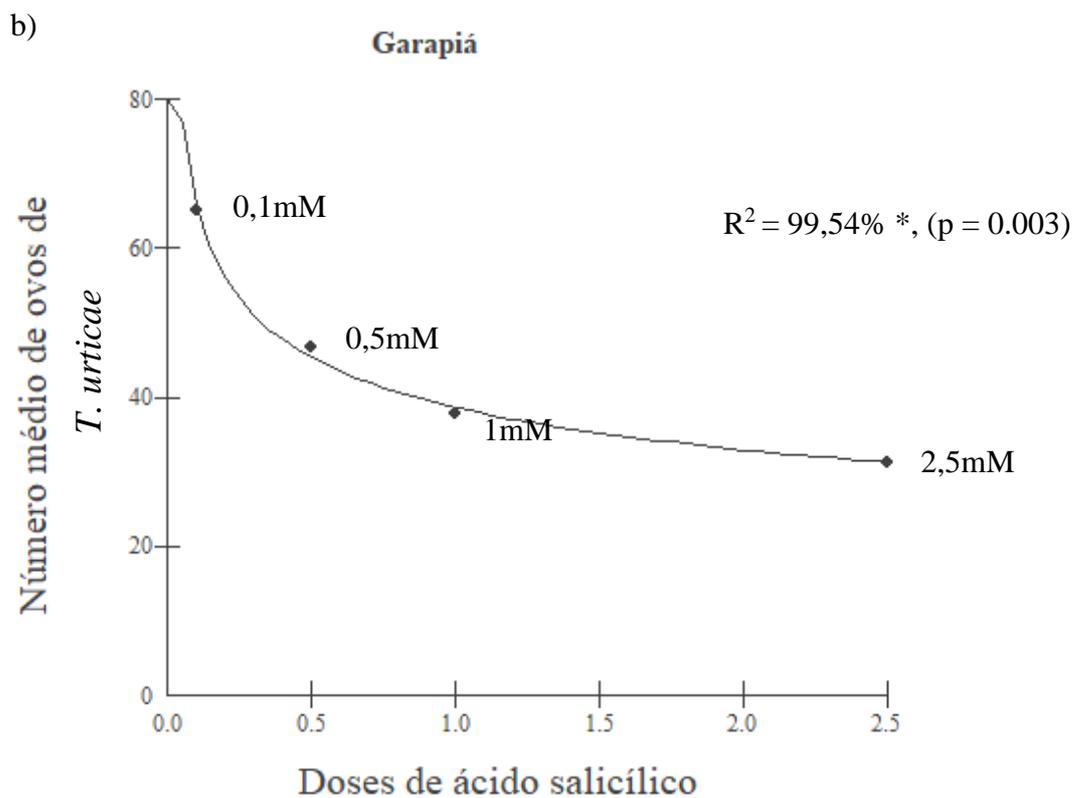


FIGURA 2. Número médio de ovos (média \pm erro padrão) de *T. urticae* em plantas de feijoeiro da cultivar: a) Fepagro26 e b) Garapiá. Doses utilizadas: 0,1mM de AS; 0,5mM de AS; 1mM de AS e 2,5mM de AS. nr = não responsivos. Asterisco indica diferença significativa ($P \leq 0,05$).



continuação Número médio de ovos (média \pm erro padrão) de *T. urticae* em plantas de feijoeiro da cultivar: a) Fepagro26 e b) Garapiá. Doses utilizadas: 0,1mM de AS; 0,5mM de AS; 1mM de AS e 2,5mM de AS. nr = não responsivos. Asterisco indica diferença significativa ($P \leq 0,05$).

Em relação a resposta quimiotática de *T. urticae*, foi observada a atração pelos voláteis de plantas com a dose de AS 0,5mM em 48h para a cultivar Garapiá ($\chi^2 = 8,022$; gl = 1; $P = 0.007$) em comparação com a cultivar Fepagro26 ($\chi^2 = 0,364$; gl = 1; $P = 0.65$) onde o fitófago não apresentou resposta positiva (Fig.3).

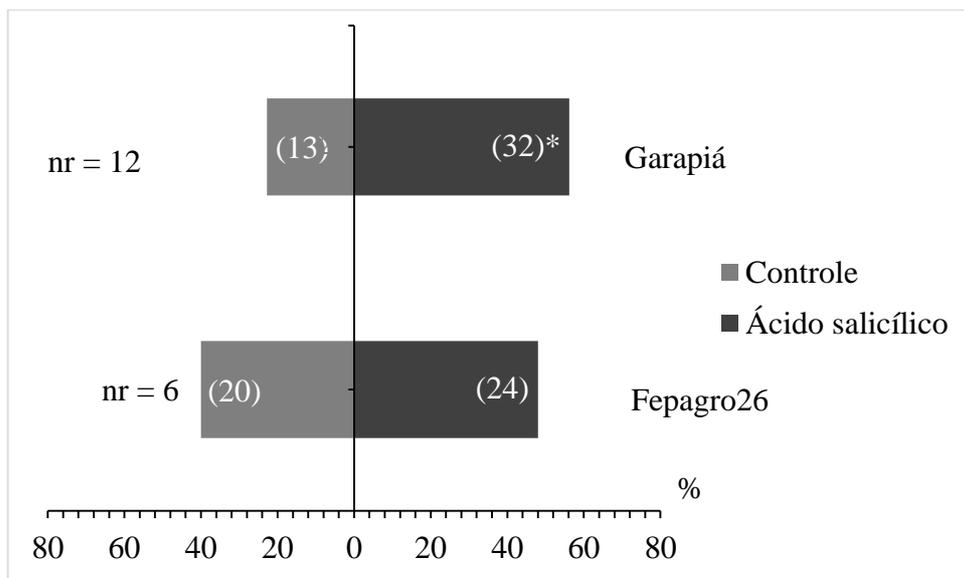


FIGURA 3. Primeira escolha (%) de *T. urticae* em olfatômetro em Y a plantas de feijoeiro das cultivares Fepagro26 e Garapiá atomizadas com água (controle) em comparação as atomizadas com ácido salicílico (AS) (0,5mM) por 48 horas. Valores dentro das barras indicam o número de ácaros responsivos. nr = não responsivos. Asterisco indica diferença significativa através da análise de Qui-quadrado ($P \leq 0,05$).

Já o ácaro predador *N. californicus* foi responsivo aos voláteis de plantas de feijoeiro da cultivar Fepagro26 infestadas com 48 horas pelo fitófago *T. urticae* ($\chi^2 = 7,04$; gl = 1; $P = 0,01$) e não responsivo em relação aos oriundos de plantas infestadas por 24 horas ($\chi^2 = 0,019$; gl = 1; $P = 1,0$) (ver Figura 4).

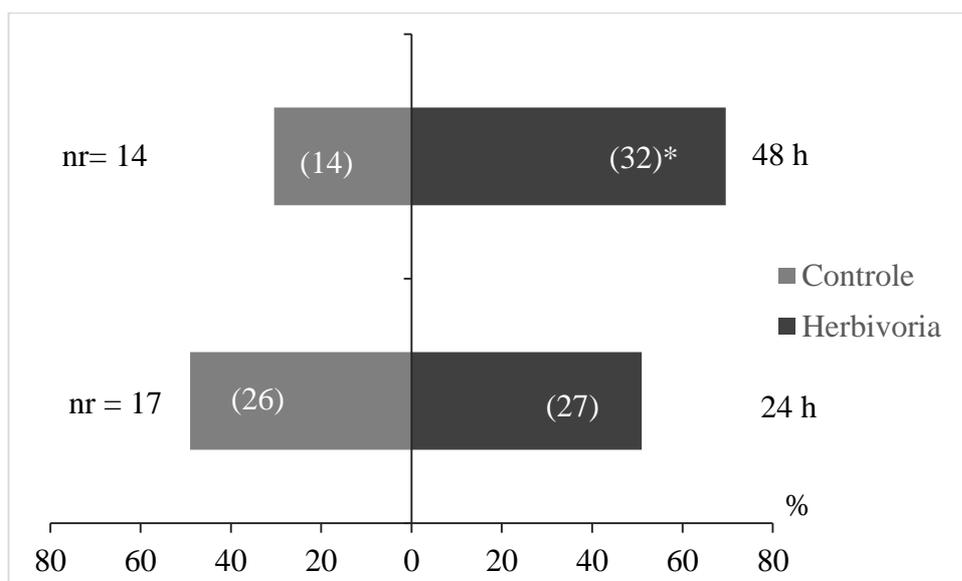


FIGURA 4. Primeira escolha (%) de *N. californicus* em teste de olfatômetro Y a plantas de feijoeiro da cultivar Fepagro26 infestadas por *T. urticae* após 24 horas e 48 horas. Valores dentro das barras indicam o número de ácaros responsivos. nr = não responsivos. Asterisco indica diferença significativa pelo teste Qui-quadrado ($P \leq 0,05$).

N. californicus respondeu de forma similar aos voláteis de plantas da cultivar Garapiá com a presença de *T. urticae* infestadas por 24 ($\chi^2 = 0,02$; gl = 1; P = 1) e 48 horas ($\chi^2 = 1,88$; gl = 1; P = 0,22) (ver Figura 5).

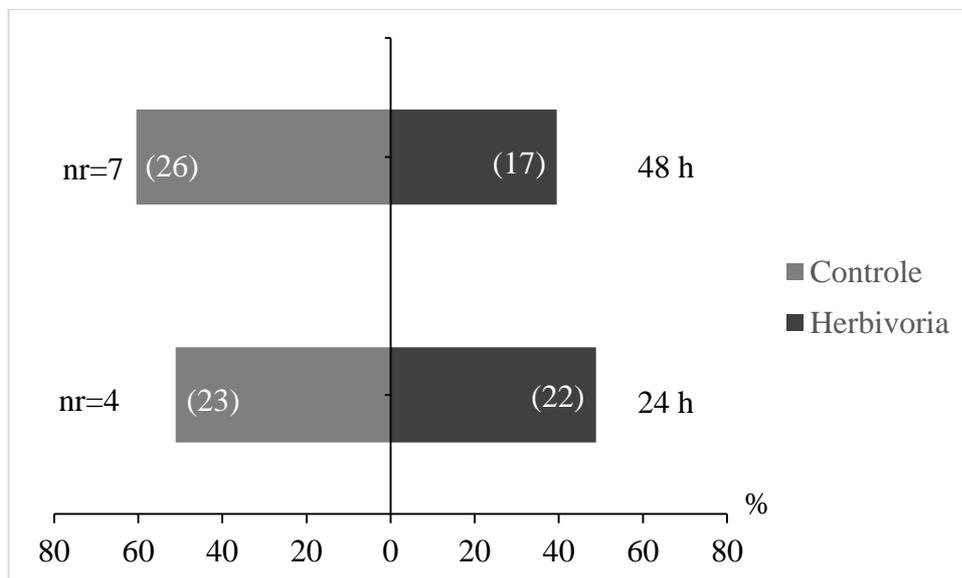


FIGURA 5. Primeira escolha (%) de *N. californicus* em teste de olfatômetro Y a plantas de feijoeiro da cultivar Garapiá infestadas por *T. urticae* após 24 horas e 48 horas. Valores dentro das barras indicam o número de ácaros responsivos. nr = não responsivos. Asterisco indica diferença significativa pelo teste Qui-quadrado ($P \leq 0,05$).

O predador *N. californicus* também respondeu de forma semelhante após a desinfestação t_0 , 24 horas após a desinfestação t_{24} e 48 horas após a desinfestação t_{48} de *T. urticae* das plantas de feijoeiro (cv. Fepagro26), não diferindo os três tempos avaliados, ou seja, t_0 ($\chi^2 = 1,6$; gl = 1; P = 0,26); t_{24} ($\chi^2 = 2,27$; gl = 1; P = 0,17) e t_{48} ($\chi^2 = 0,22$; gl = 1; P = 0,75) (ver Figura 6).

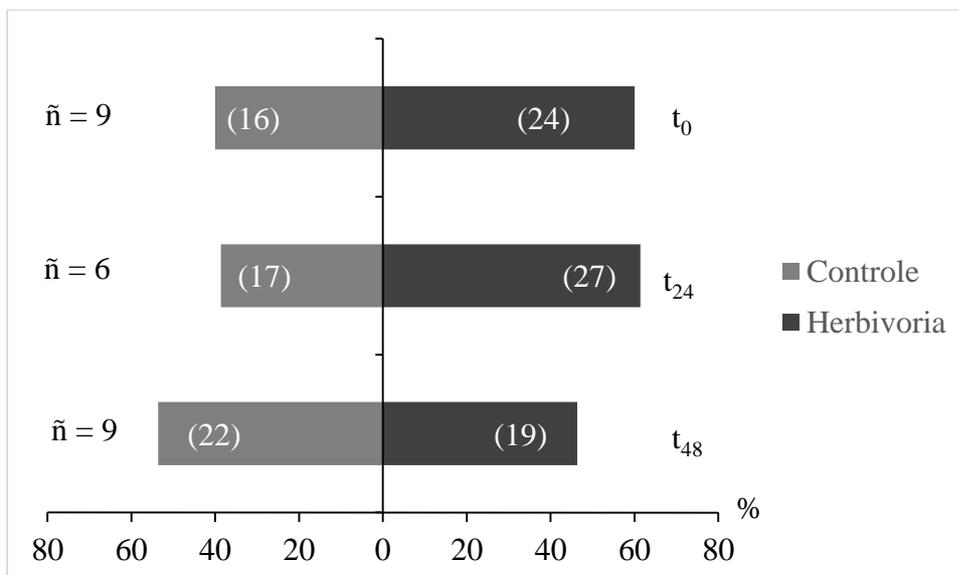


FIGURA 6. Primeira escolha (%) de *N. californicus* em teste de olfatômetro Y a plantas de feijoeiro da cultivar Fepagro26 infestadas por *T. urticae* logo após desinfestação (>30min) (t₀) e depois de 24 horas (t₂₄) e 48 horas (t₄₈). Valores dentro das barras indicam o número de ácaros responsivos. nr = não responsivos. Asterisco indica diferença significativa pelo teste Qui-quadrado (P ≤ 0,05).

Observou-se que *N. californicus* não apresentou resposta quimiotática significativa em relação aos voláteis de plantas de feijoeiro da cv. Fepagro26 somente atomizada com ácido salicílico 0,5mM AS ($\chi^2 = 0,22$; gl = 1; P = 0,75), assim como com a combinação entre ácido salicílico e a presença de adultos de *T. urticae* ($\chi^2 = 0,091$; gl = 1; P = 0,88) (ver Figura 7).

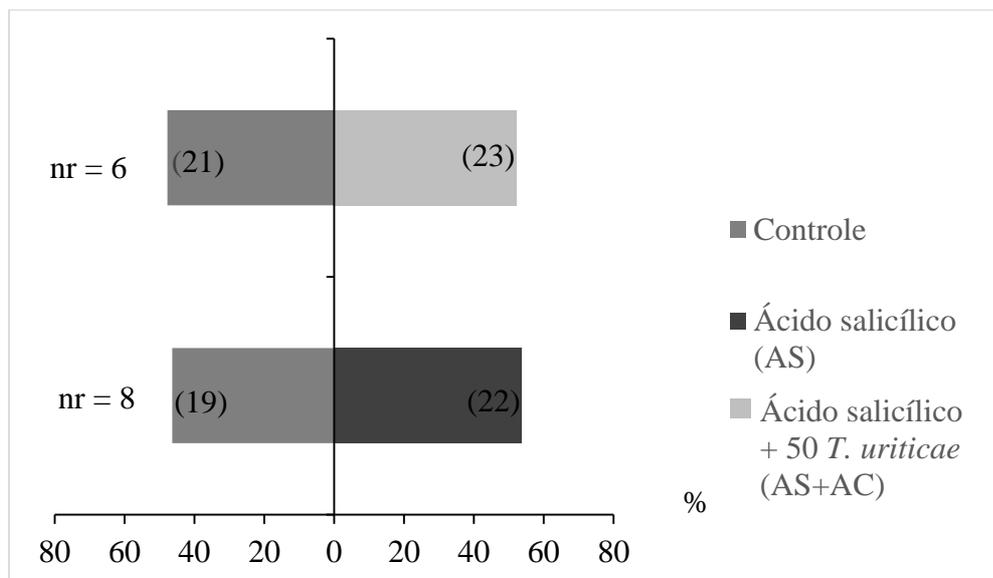


FIGURA 7. Primeira escolha (%) de *N. californicus* em teste de olfatômetro Y a plantas de feijoeiro da cultivar Fepagro26 atomizadas com água (controle) em comparação com as atomizadas com ácido salicílico (AS) (0,5mM) em combinação entre AS + adultos de ácaro *T. urticae* (AC). Valores dentro das barras indicam o número de ácaros respondentes. nr = não respondentes. Asterisco indica diferença significativa pelo teste Qui-quadrado ($P \leq 0,05$).

3.4 Discussão

T. urticae apresentou forte interação dos tratamentos em ambas cultivares p-valor $\leq 0,0001$ assim, evidenciando que o AS em todas as suas dosagens afetam diretamente na quantidade de oviposição deste fitófago (Tabela 1). Alguns estudos com a aplicação exógena dos fitormônios AS e AJ vêm demonstrando resultados promissores em relação a redução do número de ovos de *T. urticae* em diversas culturas, tais como algodão (Omer et al., 2001), feijão (Farouk e Osman, 2011) e tomate (Pulga et al., 2020). Ainda na tabela 1 observa-se na média de ovos (\bar{X}) que a dose que mais diminui a quantidade de ovos foram os tratamentos T5 para Fepagro26 e T7 para Garapiá, entretanto as doses T6 e T7 em ambas cultivares demonstraram toxicidade aparente nas plantas. Então justifica-se como dose a ser utilizada para demais bioensaios AS 0,5 (T5) para ambas cultivares por apresentar bom resultado no controle da oviposição de *T. urticae* além de não causar injúria aparente aos feijoeiros. Os tratamentos T4 e T2 causaram efeito contrário aumentando a quantidade de ovos, o que indica que esta dosagem para o feijoeiro, favorece o fitófago. A característica polífaga do ácaro pode ser relacionada aos resultados

deste estudo, uma vez que induz resposta de defesas reguladas tanto por jasmonato quanto por salicilato que prejudicam seu desempenho e não suprimem as defesas induzidas pelas plantas da mesma forma que os ácaros especialistas (Schimmel et al. 2017). A interação entre os fatores concentração de AS, características físico-químicas das cultivares associados a participação do ácido salicílico na expressão de resistência sistêmica, devem ser levados em consideração, porque neste tratamento T4 pode não ter acionado a sua capacidade de induzir a síntese de PR-Proteínas (proteínas relacionadas à patogênese) (Fernandes et al. 2009). Também pode-se relacionar a redução no desempenho de *T. urticae*, em concentrações mais altas de AS, à elevação de proteínas que interferem na digestibilidade de herbívoros, como as enzimas oxidativas, lipídios e proteínas (Thaler et al. 1996; Zhang et al. 2017; Homayoonzadeh et al. 2020).

Os demais tratamentos T5 para Garapiá, T6 para ambas cultivares e T7 para Fepagro26 apresentaram uma influência negativa para a redução do número de ovos do ácaro. Segundo DelRío et al. (2006) o AS se utilizado em alta concentração nas plantas resulta em efeito antagonista na sua proteção, o que pode explicar o efeito negativo das altas doses de 1mM (T6) e 2,5mM de AS (T7) utilizadas para ambas cultivares no presente estudo em relação as defesas do feijoeiro.

Estudos com a aplicação exógena de AS em diferentes doses em plantas de feijão (100mg/l) e morango (25, 50 e 75mg L⁻¹) apresentam resultados satisfatórios sendo observadas a eficácia na redução de oviposição de *T. urticae* e, também relatam um incremento de produtividade nestas plantas (100mg/L e 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0mM), com indicativos de uma associação resultante de AS e cultivar (Farouk e Osman, 2011; Trevisan et al. 2017). No estudo realizado por Wei et al. (2014) em feijão lima (*Phaseolus lunatus* L.) com a aplicação de 1mM de AS e ácido jasmônico (AJ), foi observada uma maior oviposição de *T. urticae* com 96h com preferência pelo AS, o que não foi

evidenciado no presente estudo, pois o T6 foi o terceiro a reduzir a quantidade de ovos entre quatro doses (0,1 – T4; 0,5 – T5; 1 – T6 e 2,5Mm – T7) de AS utilizadas em quantidade de ovos para o ácaro-rajado em ambas cultivares de feijão, indicando que o AS desencadeia diferentes respostas para cada espécie de planta.

Analisando-se a correlação Fig. 2a e b, podemos inferir que o incremento do AS oriundo da aplicação exógena nas plantas de feijão, em doses ideais podem reduzir a oviposição de *T. urticae*, uma vez que a função de AS é sinalizadora, induzindo a planta a expressar resistência contra os ataques deste fitófago como evidenciado por Fernandes et al. 2009 e Santamaria et al. 2020.

Resultados semelhantes da influencia do AS na redução de ovos de *T. urticae* foram observados por Favaro et al. (2019) ao avaliarem duas cultivares de morangueiro Aromas e Sweet Charlie, as quais apresentam uma correlação positiva entre as doses de AS (25, 50 e 75mg L⁻¹) e a redução no número de ovos, contudo a cultivar Sweet Charlie apresentou maior diminuição no número de ovos em relação as doses. Em tomateiro Pulga et al. (2020) também observaram uma correlação entre doses de AS (25, 50 e 75mg L⁻¹) e a redução na oviposição de *T. urticae*. No presente estudo a aplicação de AS pode ter ativado diferentemente a defesa nos cultivares de feijão pois, como observado apenas a cultivar Garapiá apresentou resposta positiva entre as doses de AS e a redução da oviposição. Mesmo com a diferença de doses, onde mM representa a massa molar deste fitormônio e mg L⁻¹ são miligramas diluídas por litro de água, observa-se que o AS influencia diretamente está relação e ocasiona a alteração na biologia de *T. urticae*.

Com relação a resposta quimiotáxica de *T. urticae* (Fig. 3) o fitófago foi atraído pelos voláteis de plantas com dose de AS 0,5mM em 48h para cultivar Garapiá. Isto pode ter ocorrido devido a produção destes fitormônios serem induzidos em resposta a herbivoria deste ácaro, sendo que estes VIPHs nas plantas podem atrair ou repelir o

herbívoro (El-Sayed et al. 2018). Em estudo realizado por Favaro et al. (2009) com morangueiro (*Fragaria* sp.) foi avaliada a preferência de *T. urticae* a folhas com aplicação de diferentes doses de AS (0; 25; 50; 75 e 100mg L⁻¹) em comparação a folhas limpas, tendo como resultado a preferência por parte do fitófago a folhas limpas, demonstrando que o AS foi eficiente na repelência do ácaro-rajado. Assim sendo, o AS pode influenciar a oviposição além de influenciar a resposta quimiotóxica deste fitófago.

Ao verificar a resposta quimiotóxica de *T. urticae* às combinações entre *Citrus* spp. com combinações da presença ou ausência de *T. urticae* no momento dos contrastes Cabedo López et al. (2019) tiveram como resultado que *T. urticae* teve sua preferência associada a planta e aos VIPHs por elas produzidos e, não pela presença de seus coespecíficos. Portanto, *T. urticae* tem sua resposta desencadeada em decorrência da combinação de VIPHs e cultivar, assim infere-se que diferentes cultivares ofertadas provocam diferentes respostas neste fitófago.

O predador foi responsivo aos voláteis de feijão da cv. Fepgro26 infestados com *T. urticae* após 48h Fig. 4, comparando aos demais tratamentos. Somente após esse período a herbivoria de *T. urticae* possivelmente ativou os mecanismos de defesa da planta, orientando o deslocamento de *N. californicus*. Plantas ao sofrerem estresse em virtude do ataque de herbívoros são capazes de ativar as defesas indiretas, assim sintetizando e liberando misturas complexas de voláteis que irão atrair inimigos naturais (Zhang et al. 2009). Resultados semelhantes ao presente estudo foram encontrados por Nachappa et al. (2006), onde o predador *P. persimilis* foi atraído por folhas de feijão lima infestadas com *T. urticae* após 48 horas. Menzel et al. (2014) também observaram este mesmo tempo de resposta no fitoseído *P. persimilis* partir em busca de *T. urticae*.

De acordo com McMurthy et al. (2013) *N. californicus* tem seu hábito alimentar generalista com especificidade ligada ao gênero *Tetranychus* podendo então ter

ocasionado uma resposta diferente da exibida no trabalho de Zhang et al. (2009) onde o predador *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, 1957, também fitoseídeo generalista usado no controle biológico de *T. urticae* respondeu somente às folhas de feijão lima (*Phaseolus lunatus*) infestadas com *T. urticae* em contraste às folhas de feijão lima e *Bemisia tabaci* (Genn., 1889) (Hemiptera, Aleyrodidae).

Neste estudo, as distintas respostas desencadeadas nos feijoeiros cv. Fepagro26 e Garapiá pela herbivoria por *T. urticae* podem ter sido devido ao AS além dos fatores como as características fisiológicas de cada cultivar pois, mesmo ambas exibindo resistência intermediária às moléstias, se obteve respostas diferentes. Não há estudos destas cultivares quanto a sua resistência aos ácaros, mas há observações em campo de danos ocasionados por eles (informações pessoais de Juarez Fernandes de Souza). De acordo com Pinto-Zevallos et al. (2013) os herbívoros estão se adaptando continuamente para não serem detectados por seus predadores, e desta forma burlar as defesas das plantas.

No estudo realizado por Shimoda et al. (2005) observou-se que o predador *N. californicus* pôde explorar uma variedade de voláteis relacionados a *T. urticae*, pois ele foi responsivo às folhas de feijão lima infestadas com *T. urticae* e seus produtos visíveis (teias, ovos e fezes), onde estes permaneceram três dias sob as plantas até serem contrastadas com ar puro. A atratividade deste predador está relacionada não apenas a sua capacidade de explorar uma variedade de voláteis originados de sua presa, mas também do complexo presa e planta hospedeira.

A diferença de resposta nas cv. Fepagro26 (Fig. 5) responsivo e Garapiá (Fig. 6) onde o predador respondeu de forma semelhante, podem ser em decorrência da baixa resposta induzida emitida pela planta. Onde estes voláteis não foram suficientemente intensos para que *N. californicus* percebesse *T. urticae*.

No entanto, as diferentes respostas devem ser extrapoladas para distintas plantas, como no trabalho de Rocha et al. (2022) onde foram ofertados diferentes contrastes entre densidade de *T. urticae* (10, 100 ou 200 indivíduos) em plantas de milho com 24 horas de prévia infestação *N. californicus* não demonstrou preferência aos tratamentos testados, e os autores relacionam este fato a possível incapacidade do predador identificar os compostos voláteis para ir em busca deste fitófago ou o tempo de infestação de 24 horas foi insuficiente para ativar as defesas das plantas.

No presente trabalho, *N. californicus* apresentou repostas contraditórias (Fig. 5 e 6) as plantas infestadas, provavelmente isto se deve a defesa de plantas que tiveram seu mecanismo cessado após a herbivoria na cv. Fepagro26 ou ainda que o predador somente responde aos cairomônios que foram emitidos oriundos da presença de *T. urticae* no momento do contraste.

Os resultados deste estudo indicam que o fator cultivar é de grande relevância para a resposta do predador (Fig. 5 e 6), uma vez que o fitófago aprimora sua capacidade em anular ou retardar a resposta de defesa da planta (Dicke, 2015; Santamaria et al. 2020), assim como entre espécies de fitófagos polípagas e especialistas que desencadeiam ativações de respostas diferentes de defesas nas plantas. Este efeito foi relatado por Oliveira et al., 2015 onde *Tetranychus evansi* Baker e Pritchard, 1960 em tomateiro que é praga-chave nesta cultura, não ativa as defesas das plantas, já para o polífago *T. urticae* ativa as defesas das plantas, fazendo com que o tomateiro (*Solanum lycopersum*) tenha efeitos opostos em sua defesa em decorrência da espécie de ácaro (Oliveira et al. 2015).

Neste trabalho a aplicação exógena de fitormônios não desencadeou os mecanismos de defesa das plantas, o esperado era que o AS e *T. urticae* ampliasse este volátil, assim desencadeando a atração por parte de *N. californicus*, todavia ele foi atraído por plantas infestadas somente com *T. urticae*, mas não por *T. urticae* e AS na cv.

Fepagro26 (Fig. 7). Tal fato pode ser explicado devido a ativação de defesas das plantas que é desencadeada pela herbivoria por *T. urticae* que tem sinais específicos que são modulados pelo ácido jasmônico (AJ), ácido salicílico (AS) e etileno (ET), onde a diferença de proteínas em plantas como feijoeiro induzem respostas diferentes (Santamaria et al., 2020).

Resultados como o de Shimoda (2010) onde *N. californicus* não diferiu entre as folhas infestadas de feijão lima com *T. urticae* contrastadas com metil salicilato, assim como no presente estudo onde o predador não diferenciou entre *T. urticae* e AS + *T. urticae* demonstram que o AS mesmo associado a presa *T. urticae* desencadeia no predador resposta contraditória daquela encontrada quando apenas da sua presa, isto se deve a troca de perfil química ocasionada pela adição do AS. No trabalho de Shimoda, 2010 quando testados os contrastes entre diferentes misturas de voláteis, os quais já haviam sido previamente identificados oriundos de plantas de feijão lima infestadas com *T. urticae*, com feijoeiro infestado por este fitófago, o predador *N. californicus* respondeu as folhas infestadas, então *N. californicus* tem sua resposta associada à presença de *T. urticae*. Silveira (2017) ao comparar a resposta de *Phytoseiulus macropilis* (Banks, 1904) aos tratamentos metil jasmonato (MeJA), metil salicilato (MeSA) e a combinação dos dois (MeJA e MeSA) com aplicação destes fitormônios com 48 horas e 60 fêmeas de *T. urticae* em tomateiro (*Solanum lycopersicum*), obteve que o predador *P. macropilis* foi mais atraído e recapturado (após sete dias sob a planta os predadores foram novamente contabilizados), além da maior oviposição em plantas com MeSA, diferentemente do que registrado no atual estudo onde *N. californicus* teve sua resposta alterada devido a adição de AS nos feijoeiros. Botti et al. (2019) ao verificarem a resposta de *N. californicus* as plantas de milho e milho Bt (geneticamente modificado), perceberam que este predador não foi capaz de distinguir as diferenças químicas entre milho e o milho Bt com a presença

de *T. urticae*, assim demonstrando que alterações neste sistema presa e planta com a inclusão de fitormônio como em nosso estudo ou modificações genéticas como neste trabalho ocasionam uma mudança no comportamento de *N. californicus*.

O presente trabalho demonstra que novas pesquisas são necessárias à respeito das interações entre *T. urticae*, *N. californicus* e AS para o uso em programas de controle biológico, uma vez que fitófago e predador responderam ao AS, em ambas cultivares. Em relação à *T. urticae*, este apresentou relação contraditória no uso do AS pois, a dose 0,5mm (T5) diminui a oviposição e mesmo assim ele foi atraído por plantas atomizadas com AS. O AS também merece maior atenção uma vez que os feijoeiros parecem ter liberado diferentes perfis, pois não respondeu ao fitófago quando da associação de *T. urticae* + AS.

3.5 Referências

Arimura G, Matsui K, Takabayashi J (2009) Chemical and Molecular Ecology of Herbivore-induced plant volatiles: Proximate factors and their ultimate functions. *Plant and Cell Physiol.* v.50, p.911–923. DOI:10.1093/pcp/pcp030.

Akyazi RE Liburd OE (2019). Biological control of the twospotted spider mite (Trombidiformes: Tetranychidae) with the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Mesostigmata: Phytoseiidae) in blackberries. *Florida entomologist*, vol. 102, no. 2, pp. 373-381. <https://doi.org/10.1653/024.102.0217>.

Baronio CA, Andzejewski S, Cunha USDA, Botton M (2014) Biologia e tabela de vida de fertilidade do pulgão-preto em cultivares de videira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, p.665–672. DOI:10.1590/s0100-204x20140009000.

Botti JMC, Franzin, M.P, Fadini MAM, and Melo JOL (2019) Preference of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) for volatiles of Bt maize induced by multiple herbivory. *Revista Brasileira de Entomologia*, vol. 63, no. 4, pp. 21202-21207. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbe.2019.09.003>.

Carr AL, e Roe M (2016). Acarine attractants: Chemoreception, bioassay, chemistry and control. *Pesticide Biochemistry And Physiology*. vol. 131, pp.60-79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.12.009>.

Cabedo-López, M.; Miralles, J. C.; Vacas, S.; Navarro-Llopis, V.; Pérez-Hedo, M.; Flors, V.; Jaques, J. A. (2019) The olfactory responses of *Tetranychus urticae* natural enemies

in citrus depend on plant genotype, prey presence, and their diet specialization. *Journal of Pest Science*. v.92, p.1165–1177. DOI: 10.1007/s10340-019-01107-7.

Cabedo-López, M., Cruz-Mirales, J., Vacas, S., Navarro- Llopis, V., Pérez- Hedo, M., Flors, V., E Jaques, J A (2019) Las respuestas olfativas de los enemigos naturales de *Tetranychus urticae* en cítricos dependen del genotipo de la planta, la presencia de la presa y su especialización alimenticia. *Levante Agrícola: Revista internacional de cítricos*. no. 446, pp. 84-88.

Collier, K.F.S., Albuquerque, G.S., Eiras, A.E., Blackmer, J.L., Araújo, M.C. E Monteiro, L.B (2001) Estímulos Olfativos Envolvidos na Localização de Presas pelo Ácaro Predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) em Macieiras e Plantas Hospedeiras Alternativas. *Neotropical Entomology*, vol. 30, no. 4, pp. 631-639, <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-566x2001000400018>.

Collier, K.F.S., Lima, J.O.G. E Albuquerque, G.S (2004) Ácaros predadores em pomares de mamoeiro (*Carica papaya* L.): em busca de um agente de controle biológico de ácaros-praga fitófagos. *Entomologia Neotropical*, vol. 33, n. 6, pp. 799-803. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000600020>.

Demite, P.R., Moraes, G.J. De, Mcmurtry, J.A., Denmark, H.A. E Castilho, R. C (2021) Phytoseiidae Database. Available from: www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae. Acesso em: 15 maio 2021.

Dicke, M., 2015. Herbivore-Induced Plant Volatiles as a Rich Source of Information for Arthropod Predators: Fundamental and Applied Aspects. *Journal of the Indian Institute of Science*. vol. 95, no.1, pp.35-42.

El-Sayed, A. M.; Knight, A. L.; Basoalto, E.; Suchkling, D.M. Caterpillar-induced plant volatiles attract conspecific herbivores and a generalist predator. *Journal of Applied Entomology*, Wiley, v.142, n.5, p.495-503, 2018. DOI: dx.doi.org/10.1111/jen.12495.

Farouk, S.; Osman, M. A. The effect of plant defense elicitors on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth and yield in absence or presence of spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) infestation. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. v.7, n.3, p.05-22, 2011, ISSN 1997-0838.

Favaro, R., Resende, J.T.V., Gabriel, A., Zeist, A,R., Cordeiro, E.C.N. E Favaro Júnior, J.L., 2019. Salicylic acid: resistance inducer to two-spotted spider mite in strawberry crop. *Horticultura Brasileira*. Vol. 37, pp. 060-064. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620190109>.

Fernandes, C. De F.; Júnior, J. R. V.; Silva, D. S. G. Da.; Reis, N. D.; Júnior, H. A. Mecanismos de defesa de plantas contra o ataque de agentes fitopatogênicos. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2009.

Ferla, N.J., Marchetti, M. M. E Gonçalves, D., 2007. Ácaros predadores (Acari) associados à cultura do morango (*Fragaria* sp., Rosaceae) e plantas próximas no Estado do Rio Grande do Sul. *Biota Neotropica*. vol. 7, no. 2, pp. 103-110. <http://dx.doi.org/10.1590/s1676-06032007000200012>.

Ferreira, C. B. S.; Andrade, F. H. N.; Rodrigues, A. R. S.; Siqueira, H. A. A.; Godim Júnior, M. G. C. Resistance in field populations of *Tetranychus urticae* to acaricides and characterization of the inheritance of abamectin resistance. *Crop Protection*. v.67, p.77-83, 2015. DOI: 10.1016/j.cropro.2014.09.022.

Grbic´ , M., Van Leeuwen, T., Clark, R.M., Rombauts, S., Rouzé, P., Grbic´ , V., Osborne, E.J., Dermauw, W., Thi Ngoc, P.C., Ortego, F., Hernández-Crespo, P., Diaz, I., Martinez, M., Navajas, M., Sucena, É., Magalhães, S., Nagy, L., Pace, R.M., Djuranovic´ , S., Smagghe, G., Iga, M., Christiaens, O., Veenstra, J.A., Ewer, J., Villalobos, R.M., Hutter, J.L., Hudson, S.D., Velez, M., Yi, S.V., Zeng, J., Pires-Dasilva, A., Roch, F., Cazaux, M., Navarro, M., Zhurov, V., Acevedo, G., Bjelica, A., Fawcett, J.A., Bonnet, E., Martens, C., Baele, G., Wissler, L., Sanchezrodriguez, A., Tirry, L., Blais, C., Demeestere, K., Henz, S.R., Gregory, T.R., Mathieu, J., Verdon, L., Farinelli, L., Schmutz, J., Lindquist, E., Feyereisen, R. And Van De Peer, Y., 2011. The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature*, vol. 479, no. 7374, pp. 92-487. [http:// dx.doi.org/10.1038/nature10640](http://dx.doi.org/10.1038/nature10640). PMID:22113690.

Greco, N.M., Sánchez, N.E. E Liljeström, G.G., 2005. *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agente of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): effect of pest/predator ratio on pest abundance on strawberry. *Experimental and Applied Acarology*, vol. 37, pp. 57-66. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10493-005-0067-7>.

Greco, N.M., Liljeström, G.G., Ottaviano, M.F.G., Cluigt, N. Cingolani, M.F. Zembo, J.C. E Sánchez, N.E., 2011. Pest management plan for the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, based on the natural occurrence of the predatory mite *Neoseiulus californicus* in strawberries. *International Journal of Pest Management*. vol. 57, no. 4, pp. 299–308. <https://doi.org/10.1080/09670874.2011.596229>.

Homayoonzadh, M.; Moeini, P.; Talebi, K.; Allahayri, H.; Torabi, E.; Michaud, J. P. Physiological responses of plants and mites to salicylic acid improve the efficacy of spiroticlofen for controlling *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomatoes. *Experimental and Applied Acarology*. v.82, p.319–333, 2020. DOI:10.1007/s10493-020-00559-2.

Jaques Ja, Aguilar-Fenollosa, E., Hurtado-Ruiz M.A, E Pina T., 2015. Food Web Engineering to Enhance Biological Control of *Tetranychus urticae* by Phytoseiid Mites (Tetranychidae: Phytoseiidae) in Citrus. Em: Carrillo D., de Moraes G., Peña J. (eds) Prospects for Biological Control of Plant Feeding Mites and Other Harmful Organisms. *Progress in Biological Control*, vol. 19. pp. 251-269. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15042-0_10.

Jeppson, L.R., Keifer, H.H. E Baker, E.W., 1975. *Mites Injurious to Economic Plants*. Univ. California Press.

Kovaleski, A., Ferla, N.J., Botton, M. E Piment, S.M.J., 2006. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico: criação de ácaros predadores. Embrapa Uva e Vinho. Sistemas de Produção, 15. <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MorangoSemiHidroponico/pragas.htm>.

Magalhães, D. M.; Michereff, M. F. F.; Hassemer, J. J.; Moraes, M. C. B.; Borges, M. Controle Biológico de pragas da agricultura. Semioquímicos no controle de pragas. Embrapa – Empresa Brasileira Pesquisa Agropecuária. Distrito Federal – DF. Cap.13,p. 415-452, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1121825/control-e-biologico-de-pragas-da-agricultura>. Acesso em: 08 mai. 2021.

MARAFELI, P.Dep., REIS, P.R., SILVEIRA, E.C.Da., TOLEDO, M.A.De, SOUZA-PIMENTEL, G.C., 2011. *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) preying in different life stages of *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Acarologia, Acarologia*. Vol. 51, pp. 499-506. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01600705>.

Mcmurtry, J.A., MORAES, J.G. E SOURASSOU, N.F., 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *System Appl Acarol.* vol. 18, no. 4, pp. 297–320. <https://doi.org/10.11158/saa.18.4.1>.

Mena, Y.M., Mesa, N.C., Esciobar, A., E Pérez, S., 2020. Evaluación de ácaros phytoseiidae y chrysoperla carnea (stephens) sobre el control de *Tetranychus urticae* en *Carica papaya* L. *Agronomía Colombiana*, vol. 38, no. 1. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n1.73271>.

Menzel, T.R., Huang, T.Y., Weldegergis, B.T., Gols, R., Van Loon, J.J.A., E Dicke, M., 2014. Effect of Sequential Induction by *Mamestra brassicae* L. and *Tetranychus urticae* Koch on Lima Bean Plant Indirect Defense. *Journal Of Chemical Ecology*, vol. 40, no. 9, pp.977-985 DOI: 10.1007/s10886-014-0499-9. PMID:25244951.

Monteiro, L.B. 2002. Criação de ácaros fitófagos e predadores um caso de produção de *Neoseiulus californicus* por produtores de maçã. In: Parra, J.R.P. Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. *Manole*, São Paulo, SP. P. 351-365.

Monteiro, L.B., Belli, L., Souza, A.De., E Werner, A.L.,2002. Efeito do manejo de plantas daninhas sobre *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) em pomar de macieira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 24, no. 3, pp. 680-682. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000300027>.

Moraes, G.J. E Flechtmann, C.H.W., 2008. Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: *Holos*. pp. 308.

Nachappa, P., Margolies, D.C., Nechols, J.R. E Loughin T., 2007. *Phytoseiulus persimilis* response to herbivore-induced plant volatiles as a function of mite-days. *Experimental And Applied Acarology*. vol. 40, no. 3-4, pp. 231-239. <https://doi.org/10.1007/s10493-006-9043-0>.

Oliveira, E.F.De., Pallini, A. E Janssen, A., 2015. Herbivores with similar feeding modes interact through the induction of different plant responses. *Oecologia*, vol. 180, no. 1, pp. 1-10. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-015-3344-0>.

Omer, A. D.; Granett, J.; Karban, R. Villa, E. M.. Chemically-induced resistance against multiple pests in cotton. **International Journal of Pest Management**. v.47, p.49-54 , 2001. DOI:10.1080/09670870150215595.

Pinto-Zevallos, D.M., Martins, C.B.C, Pellegrino, A.C. E Zarbin, P.H.G., 2013. Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbívoros. *Química Nova*, vol. 36, no. 9, pp. 1395-1405. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422013000900021>.

Pulga, P.S., Henschel, .Jm., Resende, J.T.V., Zeist, A.R., Moreira, A.F.P., Gabriel, A., Silva, M.B. E Gonçalves, L.S.A., 2020. Salicylic acid treatments induce resistance to *Tuta absoluta* and *Tetranychus urticae* on tomato plants. *Horticultura Brasileira*. Vol. 38, pp. 288-294. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620200308>.

Reis P.R., 2019 Ácaros predatórios para o controle biológico de ácaros fitófagos. In: Souza B., Vázquez L., Marucci R. (eds) *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems*. pp. 189-198 https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1_16.

Rezaie, M., Saboori, A. E Baniameri, V., 2018. O efeito de cultivares de morango, infestadas com *Tetranychus Urticae* (Acari: Tetranychidae), na resposta olfativa do ácaro predador *Neoseiulus Californicus* (Acari: Phytoseiidae)'. pp.71-80.

Rocha, M.S., Nascimento. P.T., Santos. B.L.F. E Fadini. M.A.M., 2002 The predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) does not respond for volatiles of maize infested by *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Brazilian Journal of Biology* *Brazilian Journal of Biology*, vol. 82, <https://doi.org/10.1590/1519-6984.239639>.

Rodriguez-Saona, C., Kaplan, I., Braasch, J., Chinnasamy, D. E Williams, F., 2011. Field responses of predaceous arthropods to methyl salicylate: A meta-analysis and case study in cranberries, *Biological Control*, vol. 59, no. 2, pp. 294-303, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.06.017>.

Rosales, E. E Gaudencio, W., 2017. Evaluación de ácaro depredador *Neoseiulus californicus* y malezas, para el control de araña roja *Tetranychus spp* en banano *Musa sapientum* Finca Santa Irene. Santo Domingo Suchitepéquez. pp. 63 <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7909/1/22Tg%28799%29Agr.pdf>.

Santamaria, M.E., Arnaiz, A., Rosa-Diaz, I., González-Melendi, P., Romero-Hernandez, G., Ojeda-Martinez, D.A., Garcia, A., Contreras, E., Martinez, M. E Diaz. I., 2020. Plant Defenses Against *Tetranychus urticae*: Mind the Gaps. *Plants*. <https://doi.org/10.3390/plants9040464>. PMID: 32272602.

Sato, M. E.; Silva, M. Z. Da.; Silva, R. B. Da.; Souza Filho M. F.; Raga, A. Monitoramento da resistência de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) a abamectin e fenpyroximate em diversas culturas no estado de São Paulo. *Arquivos do Instituto Biológico*. v.76, n.2, p.217–223, 2009. Disponível em: http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v76_2/sato.pdf. Acesso em: 15 jun. 2021.

Schimmel, B. C. J.; Ataíde, L. M. S. & Kant, M. R. Spatiotemporal heterogeneity of tomato induced defense responses affects spider mite performance and behavior. 2017. *Plant Signaling & Behavior*. DOI: 10.1080/15592324.2017.1370526.

Shimoda, T., Ozawa, R., Sano, K., Yano, E. And Takabayashi, J., 2005. The involvement of volatile infochemicals from spider mites and from food-plants in prey location of the generalist predatory mite *Neoseiulus californicus*. *Journal of Chemical Ecology*, vol. 31, no. 9, pp. 2019-2032. <http://dx.doi.org/10.1007/s10886-005-6075-6>. PMID:16132210.

Shimoda, T., 2010. A key volatile infochemical that elicits a strong olfactory response of the predatory mite *Neoseiulus californicus*, an important natural enemy of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Experimental And Applied Acarology*. vol. 50, no. 1, pp. 9-22. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10493-009-9275-x>.

Silveira, E.C.Da., 2017. Defesas direta e indireta contra *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae) em tomateiros tratados com indutores. Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras. 75 p. Tese de Doutorado.

Souza, L. P. De.; Zago, H. B.; Pinheiro, P. F.; Valbon, W. R.; Zuim, V.; Pratisoli, D. Chemical composition and toxicity of eucalyptus essential oil on spotted spider mite. *Comunicata Scientiae* v.7, n. 4, p. 486-493, 2016. DOI: 10.14295/cs.v7i4.1502.

Souza-Pimentel, G.C., Reis, P.R., Silveira, E.C.Da., Marafeli, P.De.P., Silva, E.A. E Andrade, H.B.De., 2014. Controle biológico de *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) em rosales com *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae) e seletividade plaguicidas. *Revista Colombiana de Entomología*. vol. 40, no. 1, pp. 80-84. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v40n1/v40n1a14.pdf>.

Thaler, J. S.; Stout, M. S.; Karban, R.; Duffey, S. S. Exogenous jasmonates simulate insect wounding in tomato plants (*Lycopersicon esculentum*) in the laboratory and field. *Journal of Chemical Ecology*. V.22, N.10, p.1767-1781, 1996. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02028503>. Acesso em: 08 jun. 2021.

Trevisan, F.; Lima, C. S. M.; Pinto, V. Z.; Bonome, L. T. Da S.; Liz, K. M. de. Ácido Salicílico no desenvolvimento de plantas e nas características físico-químicas de frutas de morango “Milsei-Tudla”. v.18, n.2, p.106-114, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/813/81353563006/html/index.html>. Acesso em: 28 jun. 2021.

Toldi, M., Ferla, N.J., Dameda, C. E Majolo, F. et al. 2013. Biology of *Neoseiulus californicus* feeding on two-spotted spider mite. *Biotemas* vol. 26, no. 2, pp. 105-111. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2013v26n2p105>.

Wei, J.; Loon, J. J. A. V.; Gols, R.; Menzel, T. R.; Li, N.; Kang, L. Reciprocal crosstalk between jasmonate and salicylate defence-signalling pathways modulates plant volatile emission and herbivore host-selection behaviour. *Journal of Experimental Botany*. v.65, n.12, p.3289–3298, 2014. DOI: 10.1093/jxb/eru181.

Yoneya, K.; Takabayashi, J. Plant-plant communication mediated by airborne signals: ecological and plant physiological perspectives. *Plant Biotechnology*. v.31, p.409–416, 2014. DOI: 10.5511/plantbiotechnology.14.0827a.

Zhang, L.; Zhang, F.; Melotto, M.; Yao, J.; He, S. Y.; Jasmonate signaling and manipulation by pathogens and insects. *Journal of Experimental Botany*. v.68 p.1371-1385, 2017. DOI: 10.1093/jxb/erw478.

Zhang, P.J., Zheng, S.J., Van-Loon, J.J.A., Boland. W., David. A., Mumm, R. E Dicke, M., 2009. Whiteflies interfere with indirect plant defense against spider mites in Lima bean. *PNAS*, vol. 106, no. 50, pp. 21202-21207. <https://doi.org/10.1073/pnas.0907890106> .

4. CONCLUSÕES GERAIS

Para as condições que o estudo foi conduzido conclui-se que:

O AS influencia na oviposição de *T.urticae* e a dose testada 0,5mM além de diminuir esta quantidade de ovos também atrai este fitófago.

Há correlação e atração evidente entre as doses testadas de AS e o número médio de ovos de *T. urticae* apenas na cultivar Garapiá.

O predador *N. californicus* só foi atraído pela combinação de feijoeiro + *T. urticae* após 48h mas, quando acrescenta-se a este sistema o AS, ele altera a resposta deste predador.