



**Interações intraguildd entre *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) e controle biológico de pragas em pimentão no estado de São Paulo**

**MARIANA BARTOLOME LEAL**

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio. Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

SÃO PAULO  
2023

**Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo**  
**Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios**  
**Instituto Biológico**  
**Programa de Pós-Graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no**  
**Agronegócio**

**Interações intraguilda entre *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor)**  
**(Acari: Phytoseiidae) e *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) e**  
**controle biológico de pragas em pimentão no estado de São Paulo**

**Mariana Bartolome Leal**

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio. Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

São Paulo  
2023

**Mariana Bartolome Leal**

**Interações intraguilda entre *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor)  
(Acari: Phytoseiidae) e *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) e  
controle biológico de pragas em pimentão no estado de São Paulo**

Dissertação apresentada para a obtenção do título de  
Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e  
Ambiental no Agronegócio.

Área de concentração: Segurança Alimentar e  
Sanidade no Agroecossistema

Orientador: Prof. Dr. Mário Eidi Sato

São Paulo  
2023

Eu **Mariana Bartolome Leal**, autorizo o Instituto Biológico (IB-APTA), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, a disponibilizar gratuitamente e sem ressarcimento dos direitos autorais, o presente trabalho acadêmico de minha autoria, no portal, biblioteca digital, catálogo eletrônico ou qualquer outra plataforma eletrônica do IB para fins de leitura, estudo, pesquisa e/ou impressão pela Internet desde que citada a fonte.



Assinatura: \_\_\_\_\_ Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo**  
**Núcleo de Documentação Científica – IB**

---

Leal, Mariana Bartolome.

Interações intraguilida entre *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) e controle biológico de pragas em pimentão no estado de São Paulo. / Mariana Bartolome Leal. - São Paulo, 2023.

104 p.

doi: 10.31368/PGSSAAA.2023D.ML08

Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico (São Paulo). Programa de Pós-Graduação.

Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

Linha de pesquisa: Manejo integrado de pragas e doenças em ambientes rurais e urbanos.

Orientador: Mário Eidi Sato

Versão do título para o inglês: Intraguild interactions between *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) (Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) and biological pest control in sweet pepper crop in the state of São Paulo.

1. *Tetranychus urticae* 2. *Frankliniella* sp 3. *Bemisia tabaci* 4. Controle biológico I. Leal, Mariana Bartolome II. Sato, Mário Eid III. Instituto Biológico (São Paulo) IV. Título.

IB/Bibl./2023/08

---

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Mariana Bartolome Leal

Título: Interações intraguilda entre *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) e controle biológico de pragas em pimentão no estado de São Paulo

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio do Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo para a obtenção de título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Aprovado em: 10 / 07 / 2023

### Banca Examinadora

Prof. Dr. Mário Eidi Sato

Instituição: Instituto Biológico

Julgamento: Aprovado

Assinatura:

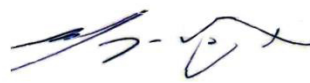


Prof. Dr. Wesley Augusto Conde Godoy

Instituição: ESALQ / USP

Julgamento: Aprovado

Assinatura:



Dr. Jeferson Luiz de Carvalho Mineiro

Instituição: Instituto Biológico

Julgamento: Aprovado

Assinatura:



## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro à pesquisa (Processo: 2017/50334-3);

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 pelo apoio;

Agradeço ao Governo do Estado de São Paulo pela oportunidade em ingressar no programa de pós-graduação do Instituto Biológico;

Agradeço a Deus por toda a luz, força, proteção e todo o cuidado durante todas as fases da minha vida;

Agradeço à minha mãe, Suzelaine de Cácia Bartolome Leal, que infelizmente não está presente neste plano, fisicamente, mas sempre me incentivou a buscar melhores versões de mim, mostrando minha capacidade;

Agradeço à minha avó, Maria Davina Penas Bartolome, e ao meu pai, Nilson Roberto Leal, pela imensa força e incentivo sob todos os percalços no caminho;

Agradeço ao meu namorado, Matheus Henrique Gois Ponce, e aos meus grandes amigos Guilherme, Flavia, Bruna, Heloísa, Heitor, Bruno, Victor, Júlia, Rafael, Felipe, Raphaely, Giovana, Giovanna, Rafaela, Pablo, William, Suzanne, Mônica e Diego, bem como as mães Rute e Sônia, por não terem me deixado desistir e por não terem desistido de mim durante os desafios em meio a esse processo;

Agradeço inenarravelmente ao meu orientador e exemplo como ser humano, Prof. Dr. Mário Eidi Sato, por todo o suporte e orientação desde minha entrada no Laboratório de Acarologia, em 2018, até a defesa da presente dissertação;

Agradeço, também inenarravelmente, ao nosso colega e amigo, também Prof. Dr. Jeferson Luiz de Carvalho Mineiro, por toda orientação, incentivo, correção, ensinamento e suporte, sendo essencial durante toda minha jornada;

Agradeço ao Prof. Dr. Wesley Godoy, e sua aluna Isabella e Dr. Bruno Malaquias, por toda orientação, dedicação e suporte, inclusive como banca do presente trabalho;

Agradeço aos amigos e colegas do Laboratório de Acarologia e laboratórios parceiros que acompanharam e auxiliaram a execução do presente trabalho, Dr. André Matioli, Dra. Cristina Queiroz, Dr. Adalton Raga, Dr. Miguel Francisco de Souza Filho, e aos colegas pesquisadores Guilherme, Giulia, Ester, Patrícia H., Patrícia, Catarina, Lucas Araújo; bem como Caio Murbach e Karina Mendes, colegas de trabalho durante as disciplinas realizadas na PPG-IB;

Agradeço aos professores e diretores da PPG-IB por todos os ensinamentos obtidos durante as disciplinas;

Agradeço aos funcionários do Instituto Biológico que estiveram sempre dispostos a ajudar durante os experimentos e coletas em campo;

Agradeço encarecidamente às professoras Dra. Simone Mendes e Dra. Vanda Bueno pelas orientações dadas durante o desenvolvimento do presente trabalho;

Agradeço continuamente aos meus professores e mestres durante a graduação, Dr. Rafael Faria, Dra. Christiane Tarsitano, Dra. Luiza Ishikawa e Dra. Luciane Junqueira pelo incentivo e por acreditarem em mim desde o início;

Agradeço à minha querida psicóloga, Dra. Lígia Grilo, por todo o carinho e acompanhamento em toda a jornada;

Agradeço aos meus cunhados e cunhadas, Guilherme, Mariana, Maria Heloiza, Matheus e Júlia por todo o apoio durante a reta final;

Agradeço aos professores e colegas de profissão Márcia Cristina, Sandra Maciel, Maria Teresa, Elizandro, Edvaldo, Samuel, André, Rubens, Roberta e Érica pelo apoio, suporte e momentos de descontração para a finalização deste presente trabalho.

Agradeço também aos meus queridos alunos da escola E. E. Reverendo José Carlos Nogueira, Ana Laura, Bárbara, Maria Rita, Ana Jennyfer, Gabriel, Pedro e Camilly que sempre apoiaram e incentivaram minhas conquistas.

Sem cada um de vocês não seria possível.

Por fim,

Agradeço a mim por nunca ter desistido de um sonho, e por continuar sonhando.

## RESUMO

LEAL, Mariana Bartolome. **Interações intraguildd entre *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) e controle biológico de pragas em pimentão no estado de São Paulo.** 2023. 104 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo, 2023.

O ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), é um dos ácaros-praga de maior importância para a agricultura em todo o mundo. Os tripses (*Frankliniella* sp.) (Thysanoptera: Thripidae) e as moscas-brancas, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae), têm causados grandes prejuízos à agricultura, devido aos seus danos diretos às plantas e à transmissão de fitovírus. Esses três grupos de artrópodes são considerados pragas-chave para a cultura do pimentão no Brasil. O uso de ácaros predadores da espécie *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) (Acari: Phytoseiidae), em associação ou não com *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae), pode representar uma boa estratégia para o manejo dessas pragas, em diferentes cultivos agrícolas, no Brasil. O objetivo geral da pesquisa foi avaliar o desempenho de *A. limonicus* e *O. insidiosus* no controle biológico de *T. urticae* e suas interações, em condições de laboratório, e avaliar o potencial de uso de *A. limonicus* para o controle biológico de ácaro-rajado, tripses e moscas-brancas, em cultivo protegido de pimentão, no estado de São Paulo. O ácaro predador *A. limonicus* mostrou-se efetivo para o controle de ovos e adultos de ácaro-rajado (*T. urticae*), com valores de predação iguais ou superiores a 30 ácaros por fêmea do predador por dia. O percevejo predador *O. insidiosus* mostrou-se mais efetivo para o controle de adultos de *T. urticae* que de ovos do ácaro-praga, com predação de 79 fêmeas adultas de *T. urticae*, contra 29 ovos do ácaro tetraniquídeo, por fêmea adulta do predador por dia. A adição de pólen de mamona (*Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae)) à dieta de *A. limonicus*, constituída apenas por ovos de *T. urticae*, levou a um aumento significativo (88,6%) na oviposição do ácaro predador. A presença de *A. limonicus* e *O. insidiosus* em uma mesma folha afetou negativamente o desempenho de cada um dos predadores, principalmente de *O. insidiosus*, no controle biológico de *T. urticae*. Observou-se influência da densidade populacional de ácaro-rajado sobre o comportamento de caminhamto de *O. insidiosus*, com aumento na velocidade de caminhamto e distância total percorrida pelos insetos predadores, em folhas de feijão-de-porco com as maiores infestações de fêmeas adultas de *T. urticae*. A liberação de ácaros predadores da espécie *A. limonicus* contribuiu significativamente para a redução populacional de ácaros (*T. urticae*), tripses (*Frankliniella* sp.) e moscas-brancas (*B. tabaci*) em cultivos protegidos de pimentão, no município de Campinas, no estado de São Paulo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Tetranychus urticae*, *Frankliniella* sp., *Bemisia tabaci*, controle biológico.



## ABSTRACT

LEAL, Mariana Bartolome. **Intraguild interactions between *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) (Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) and biological pest control in sweet pepper crop in the state of São Paulo 2023.** 104 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo, 2023.

The two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), is one of the most important pest mites for agriculture worldwide. Thrips (*Frankliniella* sp.) (Thysanoptera: Thripidae) and whiteflies, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae), have caused great damage to agriculture, due to their direct damage to plants and the transmission of phytoviruses. These three groups of arthropods are considered key pests for pepper crop in Brazil. The use of predatory mites of the species *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) (Acari: Phytoseiidae), in association or not with *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae), may represent a good strategy for the management of these pests in different agricultural crops in Brazil. The general objective of the research was to evaluate the performance of *A. limonicus* and *O. insidiosus* in the biological control of *T. urticae* and their interactions, under laboratory conditions, and to evaluate the potential use of *A. limonicus* for the biological control of spider mites, thrips and whiteflies in protected sweet pepper crop in the state of São Paulo. The predatory mite *A. limonicus* proved to be effective for controlling eggs and adults of the spider mite (*T. urticae*), with predation rates equal to or greater than 30 mites per female of the predator per day. The predatory bug *O. insidiosus* was more effective for controlling adults of *T. urticae* than eggs of the pest mite, with predation rates of 79 adult females of *T. urticae*, against 29 eggs of the tetranychid mite, per adult female of the predator per day. The addition of castor bean pollen (*Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae)) to the diet of *A. limonicus*, consisting only of *T. urticae* eggs, led to a significant increase (88.6%) in the rate of oviposition of the predatory mite. The presence of *A. limonicus* and *O. insidiosus* on the same leaf negatively affected the performance of each of the predators, mainly of *O. insidiosus*, in the biological control of *T. urticae*. There was an influence of the spider mite population density on the walking behavior of *O. insidiosus*, with an increase in walking speed and total distance covered by predatory insects, on jack bean leaves with the highest infestations of adult females of *T. urticae*. The release of predatory mites of the species *A. limonicus* contributed significantly to the population reduction of mites (*T. urticae*), thrips (*Frankliniella* sp.) and whiteflies (*B. tabaci*) in protected sweet pepper crops in the municipality of Campinas, in the state of São Paulo.

**KEYWORDS:** *Tetranychus urticae*, *Frankliniella* sp., *Bemisia tabaci*, biological control.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Variedades mais comercializadas do pimentão no Brasil.....	17
Figura 2. Folha de feijão-de-porco ( <i>Canavalia ensiformis</i> ) atacada por ácaro-rajado.....	20
Figura 3. Fêmea adulta de ácaro-rajado ( <i>Tetranychus urticae</i> ) acompanhada de um ovo.....	21
Figura 4. Exemplares de pimentão ( <i>Capsicum annuum</i> ) atacados por <i>Tetranychus urticae</i> .....	22
Figura 5. <i>Frankliniella occidentalis</i> em diferentes estágios de seu ciclo vital (larval, adulta e ambas as fases).....	23
Figura 6. Exemplares de <i>Capsicum annuum</i> infestados por tospovírus (TSWV).....	25
Figura 7. Indivíduos adultos de <i>O. insidiosus</i> .....	35
Figura 8. Ácaros predadores <i>A. limonicus</i> criados em laboratório em diferentes fases do ciclo de vida (adulto e larval).....	35
Figura 9. Criação de <i>O. insidiosus</i> em laboratório.....	43
Figura 10. Criação de <i>A. limonicus</i> em laboratório.....	44
Figura 11. Criação de <i>F. occidentalis</i> em laboratório.....	45
Figura 12. Criação de <i>T. urticae</i> em laboratório.....	46
Figura 13. Arenas de teste utilizadas para avaliar a predação de <i>O. insidiosus</i> sobre <i>T. urticae</i> em laboratório.....	48
Figura 14. Ovo de <i>A. limonicus</i> (à esquerda) em arena de teste.....	50
Figura 15. <i>Orius insidiosus</i> (circulado em azul) e <i>A. limonicus</i> (circundado em vermelho) em uma mesma arena, com presença de casca de arroz.....	51
Figura 16. Vista da arena para o estudo de comportamento de predação, utilizando-se o programa AmScope.....	54
Figura 17. Estufa de pimentão infestada por pragas, onde foram liberados os ácaros predadores da espécie <i>A. limonicus</i> .....	56

- Figura 18. Liberação dos ácaros predadores em tubos falcon (na imagem à esquerda, uma tampa do tubo infestada por ácaros-rajados)..... 57
- Figura 19. Adulto de *O. insidiosus* predando fêmea adulta de ácaro-rajado..... 60
- Figura 20. Fêmea adulta de *A. limonicus* predando fêmea adulta de *T. urticae*..... 61
- Figura 21. Regressão linear entre o número de ácaros (ovos ou adultos) *T. urticae* oferecidos por arena e o número de ácaros consumidos (predados) por *A. limonicus* e *O. insidiosus* em arenas de feijão-de-porco..... 62
- Figura 22. Oviposição de *A. limonicus* (número de ovos por fêmea por dia), quando alimentado com ovos de ácaro-rajado e com ovos de ácaro-rajado mais pólen de mamona, em arenas de folha de feijão-de-porco, a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $70 \pm 10\%$ . Colunas com letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância..... 64
- Figura 23. Número de ácaros predados por arena por dia por *O. insidiosus* e *A. limonicus* sobre fêmeas adultas de *T. urticae*, para diferentes densidades populacionais (5 a 80 fêmeas adultas) do ácaro-rajado: Tratamento 1) apenas uma fêmea adulta de *O. insidiosus* + ácaro-rajado por arena (Or); 2) apenas uma fêmea de *A. limonicus* + ácaro-rajado por arena (Al); uma fêmea de *O. insidiosus* + cinco fêmeas de *A. limonicus* + ácaro-rajado por arena (Or + Al). Colunas com letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste de Dunn a 5% de significância..... 66
- Figura 24. Infestação de ácaro-rajado em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 17 a 31 de outubro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância..... 71
- Figura 25. Infestação de larvas de tripes (*F. occidentalis*) em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 17 a 31 de outubro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância..... 72
- Figura 26. Infestação de adultos de tripes (*F. occidentalis*) em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 17 a 31 de outubro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância..... 74

Figura 27. Infestação de moscas-brancas (*B. tabaci*) em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 17 a 31 de outubro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância..... 75

Figura 28. Infestação de ácaro-rajado em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 07 a 21 de novembro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância..... 77

Figura 29. Infestação de larvas de tripes (*F. occidentalis*) em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 07 a 21 de novembro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância..... 78

Figura 30. Infestação de adultos de tripes (*F. occidentalis*) em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 07 a 21 de novembro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância..... 79

Figura 31. Infestação de moscas-brancas (*B. tabaci*) em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 07 a 21 de novembro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância..... 80

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Escala de conversão para dados numéricos sobre o nível de infestação de ácaro-rajado e moscas-brancas em cultivo protegido de pimentão..... 58

Tabela 2. Número (média  $\pm$  EP) de ovos e adultos de *T. urticae* predados por fêmea adulta de *A. limonicus* ou *O. insidiosus*, em 24 horas, em arenas de folha de feijão-deporco, a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $70 \pm 10\%$ ..... 61

## SUMÁRIO

RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
LISTA DE FIGURAS .....	iii
LISTA DE TABELAS .....	vi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	16
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
3.1 Cultivos de pimentão e sua importância econômica .....	17
3.2 Ácaro-rajado (Acari: Tetranychidae).....	20
3.3 Tripes (Thysanoptera: Thripidae).....	23
3.4 Mosca-branca (Hemiptera: Aleyrodidae) .....	26
3.5 Controle químico e resistência de <i>T. urticae</i> a acaricidas .....	26
3.6 Controle químico e resistência de <i>F. occidentalis</i> a inseticidas .....	27
3.7 Controle biológico .....	29
3.7.1 Custos e implantação .....	29
3.7.2 Vantagens da utilização de técnicas para controle biológico na agricultura .....	31
3.7.3 Uso de predadores naturais em relação ao padrão do agricultor .....	32
3.8 Inimigos naturais .....	33
3.8.1 <i>Orius insidiosus</i> (Hemiptera: Anthocoridae).....	34
3.8.2 <i>Amblydromalus limonicus</i> (Acari: Phytoseiidae) .....	35
3.9 Relações ecológicas associadas à predação.....	36
3.9.1 Relações intraespecíficas e técnicas dispersivas dentro de uma mesma população.....	36
3.9.2 Relações interespecíficas .....	38
3.9.3 Competição interespecífica ou competição pelo nicho .....	39

3.10 Predação e sua decorrente flutuabilidade populacional.....	40
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>42</b>
4.1 Origem e identificação dos insetos e ácaros.....	42
4.2 Criação dos predadores.....	42
4.2.1 <i>Orius insidiosus</i> .....	42
4.2.2 <i>Amblydromalus limonicus</i> .....	43
4.3 Criação dos artrópodes fitófagos .....	45
4.3.1 <i>Frankliniella occidentalis</i> .....	45
4.3.2 <i>Tetranychus urticae</i> .....	46
4.4 Estudos de predação de <i>O. insidiosus</i> e <i>A. limonicus</i> sobre ácaro-rajado .....	47
4.4.1 Capacidade de predação de <i>O. insidiosus</i> sobre ácaro-rajado .....	47
4.4.2 Capacidade de predação de <i>A. limonicus</i> sobre ácaro-rajado .....	49
4.4.3 Análise estatística dos dados de predação .....	49
4.5 Oviposição de <i>A. limonicus</i> quando alimentado com ácaro-rajado e pólen .....	49
4.5.1 Análise estatística dos dados de oviposição .....	50
4.6 Estudos de competição e predação entre espécies.....	51
4.6.1 Testes em arenas com presença de <i>O. insidiosus</i> , <i>A. limonicus</i> e fêmeas adultas de ácaro-rajado .....	52
4.6.2 Análise estatística dos dados de predação nos experimentos de competição entre espécies.....	53
4.6.3 Estudos de comportamento de predação de <i>O. insidiosus</i> e <i>A. limonicus</i> utilizando-se vídeo-filmagem.....	53
4.7 Estudos de liberação de ácaros predadores em campo .....	55
4.7.1 Experimentos em cultivo de pimentão .....	55
4.7.1.1 Experimento 1. ....	55
4.7.1.2 Experimento 2. ....	58

4.7.2 Análise estatística dos dados dos experimentos em cultivos de pimentão .....	58
4.8 Custo de produção de <i>A. limonicus</i> e viabilidade econômica.....	59
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>60</b>
5.1 Estudos de predação de <i>O. insidiosus</i> e <i>A. limonicus</i> sobre ácaro-rajado .....	60
5.2 Percentuais de oviposição de <i>A. limonicus</i> quando alimentado com ácaro-rajado e pólen .....	63
5.3 Estudos de competição e predação entre espécies.....	65
5.3.1 Testes em arenas com presença de <i>O. insidiosus</i> , <i>A. limonicus</i> e fêmeas adultas de ácaro-rajado .....	65
5.3.2 Estudos de comportamento de predação de <i>O. insidiosus</i> e <i>A. limonicus</i> utilizando-se vídeo-filmagem.....	68
5.4 Estudos de liberação de ácaros predadores em cultivo de pimentão.....	70
5.4.1 Experimento 1 .....	70
5.4.2 Experimento 2 .....	76
5.5 Custo de produção de <i>A. limonicus</i> e viabilidade econômica.....	82
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>83</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>84</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Os setores de agricultura e pecuária são pilares importantíssimos na economia brasileira, possuindo papéis relevantes na geração de empregos, produção de alimentos e movimentação econômica no país (GUILHOTO et al., 2007). A existência de pragas economicamente importantes e o não controle efetivo das mesmas em diversas culturas geram perdas que podem variar de 9,5% a 40% na produção total, de acordo com a praga. Conseqüentemente, tais danos repercutem economicamente em prejuízos aos produtores, em diversos tipos de agricultura (ZUBEN, 2019).

O pimentão, da espécie *Capsicum annuum* L. (Solanaceae), é uma hortaliça cultivada amplamente por todo o mundo, se adaptando muito bem ao clima tropical, como no Brasil. Originária da América Central, possivelmente do México, se difundiu para todo o planeta. O pimentão é um vegetal da mesma família das pimentas, porém, menos picante que muitas delas (GAIL, 2019).

Sua comercialização e utilização pelos compradores ocorrem de diversas formas: verde, maduro, como condimento ou ainda conservante de alimentos. Seu fruto é oriundo de uma planta herbácea que pode atingir de 0,5 a 1,5 m de altura. Tem como características a sua intensa ramificação e a possibilidade de cultivo durante todo o ano. Suas raízes atingem até um metro de profundidade. Os seus frutos têm polpa firme e ampla variação de formas e cores (HORTIFRUTI, 2019).

O cultivo deste fruto pode se dar tanto em campo aberto quanto em estufas. O cultivo em campo aberto é representado pela grande maioria da área ocupada com esse legume no Brasil. Em estufas, cabe a produção de frutos a serem comercializados de forma mais madura, nas colorações vermelha, amarela e outras. Dentre as principais áreas de cultivos no Brasil, estão os estados de São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais, Rio de Janeiro e alguns estados do Nordeste, existindo, porém, por todo o território nacional (MALDONADO, 2000). A área cultivada de pimentão no país é em torno de 13 mil hectares, o que corresponde a uma produção anual de frutos de aproximadamente 290 mil toneladas (MAROUELLI; SILVA, 2012).

O pimentão é alvo de inúmeras pragas e doenças no campo. Como tentativas de solucionar os problemas, são utilizadas técnicas diferenciadas de irrigação, adubação e cultivo (em estufas ou em campo). Como diferentes medidas de controle de pragas e doenças, são utilizadas sementes tratadas, defensivos químicos e biológicos e

variedades resistentes, corroborando para o manejo integrado no cultivo (HORTIFRUTI, 2019).

Uma das principais pragas conhecidas por causar graves danos econômicos às plantas no geral é o trips (Thysanoptera: Thripidae), sendo considerada uma praga presente em diversos tipos de plantas cultivadas (MOUND; TEULON, 1995; MOUND; MARULLO, 1996). Os trips são insetos sugadores, com aproximadamente 1 mm de comprimento e asas franjadas. A duração de seu ciclo, em condições tropicais (25°C), é de 21 a 25 dias, entre a postura dos ovos até a emergência dos adultos (TEIXEIRA, 2004). Os sintomas ocasionados pela ação dos trips nas plantas são cicatrizes prateadas nas folhas (ao longo das nervuras) e frutos, deformações foliares, queda prematura das folhas, nanismo foliar, e até esterilização e queda de flores, em condições de alta infestação da praga (MOUND; KIBBY, 1998; TEIXEIRA, 2004).

O gênero *Frankliniella* é um dos mais conhecidos dentre os trips, incluindo importantes espécies pragas de plantas ornamentais e hortaliças. São observados danos graves, bem como prejuízos na qualidade dos produtos, quando em altas densidades populacionais (MURPHY et al., 1998). Nos últimos anos, *F. occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) tem causado perdas econômicas consideráveis em diversas culturas (PINTO et al., 2017; MONTEIRO et al., 2001). Essa espécie é uma das mais importantes pragas em cultivos protegidos, como é o caso dos pimentões (MURPHY et al., 1998; RAIS; SATO; SILVA, 2013).

Durante o desenvolvimento e todo o ciclo de vida do cultivo do pimentão, o fruto está sujeito ao ataque de inúmeras pragas e doenças, que acabam por prejudicar a produção. Ao afetar a produtividade, diminui-se a quantidade de frutos produzidos aptos para o comércio, bem como a viabilidade para a comercialização. A presença de sinais de ataque nos frutos os torna menos aptos a serem comercializados. Dentre as inúmeras pragas que atacam o pimentão, destacam-se o trips pela transmissão do vírus do vira-cabeça-do-tomateiro (*Tomato spotted wilt vírus*), bem como os danos diretos causados tanto no fruto quanto em toda a estrutura da planta (CULTIVANDO O SABER, 2020; JACOBSON, KENNEDY, 2011).

O ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), tem causado prejuízos notáveis a diversos cultivos por todo o Brasil. O ácaro ataca as folhas desenvolvidas, causando como sintomas manchas branco-prateadas na face interior das folhas, presença de teia, áreas cloróticas e bronzeadas na face superior, queda das folhas e consequente declínio na produção (FLECHTMANN, 1985; SATO et al., 2002). O

controle de *T. urticae* vem sendo realizado principalmente por agroquímicos, o que culmina em importantes impactos ambientais. Mesmo com a regularidade das aplicações, em muitos casos, este controle se mostra ineficiente. Uma das razões para essa ineficácia é o desenvolvimento de resistência do ácaro aos acaricidas, além do aumento populacional da praga pela eliminação dos inimigos naturais (VAN de VRIE et al., 1972; WATANABE et al., 1994; SATO et al., 1994). Devido ao fato de os cultivos serem realizados durante todo o ano no Brasil, e seu clima tropical, a incidência de ácaro-rajado nas culturas é recorrente no país (PRASLICKA; HUSZAR, 2004).

Métodos de controle de pragas agrícolas se baseiam prevalentemente na utilização de produtos químicos, como inseticidas e acaricidas. O uso frequente desses produtos pode acarretar sérios problemas. As pragas podem desenvolver resistência aos produtos, comprometendo a eficiência do controle químico, com consequente aumento nas perdas provocadas pelas pragas (IMMARAJU et al., 1992; RAIS; SATO; SILVA, 2013). Os pesticidas químicos têm sido frequentemente utilizados na agricultura, porém, devido aos efeitos indesejáveis no sistema de produção agrícola, têm sido estudadas novas alternativas para o manejo das pragas. Uma dessas medidas que vem sendo muito procurada atualmente é o controle biológico, sendo seu principal objetivo manter o equilíbrio no agroecossistema, de modo que as plantas hospedeiras, mesmo na presença de organismos pragas não sofram danos consideráveis, dada a ação controladora pelos inimigos naturais no campo (GRIGOLETTI JÚNIOR; SANTOS; AUER, 2000).

Do ponto de vista da ecologia, o controle biológico é uma parte do controle natural. Pode ser definido como a regulação da população de um organismo dentro de certos limites – superior e inferior – por um período de tempo, por qualquer combinação de fatores naturais, sendo estes bióticos ou abióticos. Dentre os fatores bióticos, se encontra a ação de inimigos naturais para reduzir a população de uma espécie-praga abaixo do nível de dano econômico (MORAES, FLECHTMANN, 2008). O controle biológico também pode ser entendido como um fenômeno natural que se constitui na regulação do número de plantas e/ou animais por inimigos naturais, os quais se enquadram como agentes de mortalidade biótica (PARRA et al., 2002). Portanto, envolve a interação entre espécies e seus inimigos naturais, visando limitar a densidade populacional de espécies de pragas (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007).

Um dos organismos muito utilizados e já conhecidos na literatura por seu potencial para o controle biológico de pragas é o percevejo predador *Orius* Wolf (Hemiptera: Anthocoridae). Este gênero é composto por predadores de muitas pragas

conhecidas, principalmente tripes e ácaros tetraniquídeos, encontradas em diversos ecossistemas agrícolas (SILVEIRA et al., 2005). São os principais inimigos naturais utilizados comercialmente para o controle de *F. occidentalis* em cultivos de olerícolas na Europa, nos EUA e no Canadá. Uma das razões para isso é que este predador e o tripe ocupam frequentemente os mesmos micro-habitats, como o interior das flores e meristemas apicais de plantas (COOL; RUBERSON, 1998; SILVEIRA, 2005). Fatores como esse corroboram para a utilização do gênero *Orius* como agente promissor no controle biológico de espécies de tripes-praga (BUENO, 2000; SILVEIRA, 2005). *Orius* também é conhecido por seu papel promitente como inimigo natural do ácaro-rajado, *T. urticae*, em diferentes culturas. *Orius tristicolor* White, por exemplo, mostrou-se eficiente no controle do ácaro-rajado em diferentes cultivares de feijão (COLFER et al., 1998).

Um terceiro predador conhecido por sua capacidade como inimigo natural de pragas em controle biológico é o ácaro-predador *A. limonicus* (Garman & McGregor) (Acari: Phytoseiidae), o qual tem apresentado bom potencial para o controle de insetos como tripes, moscas-brancas e ácaros tetraniquídeos, como o ácaro-rajado (McMURTRY; CROFT, 1997; PAP, 2016). Segundo PAP (2016), *A. limonicus* mostrou-se promissor para o controle biológico de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B – MEAM 1 em plantas de batata. O ácaro fitoseídeo *A. limonicus* é um predador generalista, considerado efetivo para o controle de pragas como mosca-branca, psilídeos, tripes e tetraniquídeos. Exibe elevadas taxas de predação e oviposição quando alimentado com tripes e ácaros (SCHOELLER; MCKENZIE; OSBORNE, 2020; MESSELINK et al., 2006).

A atividade de cada indivíduo altera o ambiente em que vive. Assim, a presença de um determinado organismo em um mesmo ambiente apresenta influência sobre o comportamento do outro. Quando se trata de dois organismos que possuam a mesma função na cadeia trófica, na categoria de predador, têm-se um comportamento conhecido por competição interespecífica (entre duas ou mais espécies diferentes). Assim, se trata de uma interação em que um organismo (predador) consome um recurso (alimento, presa) que estaria disponível para o consumo de outro organismo (também predador). Ao privar outra espécie de predador de se alimentar, a espécie afetada tem seu crescimento prejudicado, culminando em uma menor densidade populacional no ambiente e, conseqüentemente, passa a apresentar alto risco de supressão ou eliminação de uma determinada área (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2008).

A criação de inimigos naturais em laboratório e sua decorrente liberação em plantios infestados por pragas é uma estratégia promissora, a qual já vem sendo utilizada no controle de pragas de culturas como cana-de-açúcar e, também, em cultivos protegidos de olerícolas e rosas (VAN LENTEREN; BUENO, 2003; SILVEIRA; BUENO; VAN LENTEREN, 2004; BUENO et al., 2009; PARRA, 2014; SOUSA, 2017). Sabe-se que a associação de mais de uma espécie de inimigo natural pode ser funcional para potencializar o controle das pragas, desde que as interações interespecíficas adversas, negativas, sejam reduzidas ou mínimas (CALVO; BOLCKMANS; BELDA, 2009; CHOW; CHAU; HEINZ, 2010; SOUSA, 2017), já que a utilização de uma ou mais espécies de inimigos naturais para o controle de uma ou várias pragas pode resultar em efeitos negativos ou positivos (CAKMAK et al., 2009). Segundo SUJII et al. (2012), a maior heterogeneidade promovida pela diversificação animal, como predadores, pode impactar positivamente no controle biológico.

Certos artrópodes predadores generalistas podem se alimentar de mais de um nível trófico, portanto, podem atacar outros predadores, incluindo os da mesma espécie, em uma relação chamada de canibalismo (SABELIS, 1992; JANSSEN et al., 2007; MASSELINK; SABELIS; JANSSEN, 2013). Quando dois predadores compartilham uma mesma presa pode ocorrer um efeito negativo entre eles devido à competição, resultando em maior mortalidade de um dos competidores. Esse comportamento é definido como predação intraguilda (POLIS et al., 1989; VANCE-CHALCRAFT et al., 2007; MESSELINK et al., 2012) e pode afetar negativamente o controle biológico de pragas. Sendo assim, é de suma importância que sejam analisados os mecanismos de interação entre os diferentes predadores em campo. O potencial de predação pode sofrer variações devido à interação interespecífica, podendo ser potencializado e aumentado, bem como causar o deslocamento de um dos predadores (MESSELINK et al., 2012).

*Orius* é um predador generalista capaz de se alimentar de diversas espécies de artrópodes, como, por exemplo, tripes, ácaro-rajado e ácaros predadores. Nesse aspecto, Venzon, Pallini e Janssen (2001) estudaram a combinação de *O. laevigatus* Fieber e *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henrio (Acari: Phytoseiidae) para o controle de *T. urticae* e observaram que a presença do ácaro-rajado não preveniu a predação intraguilda de *P. persimilis* por *O. laevigatus*, e o consumo do ácaro-praga por *O. laevigatus* foi semelhante quando utilizado isoladamente para o controle do ácaro-praga e quando utilizado em combinação com *P. persimilis* (SOUSA, 2017).

Em um estudo de predação intraguilha entre duas espécies de *Chrysoperla* para o controle biológico de pulgões, realizado por Silva et al. (2018), mesmo as duas espécies (*C. externa* e *C. sanguínea*) tendo alta capacidade predatória, as larvas de *C. externa* se mostraram predadoras intraguilha com mais de 95% de ataques bem-sucedidos em relação a *C. sanguínea*, limitando a sua atuação na redução populacional de pulgões. Entretanto, em habitats mais complexos, a existência de diversos locais de refúgio (em campo) pode reduzir o número de interações negativas entre os predadores, favorecendo e ampliando, assim, a eficiência predatória de ambos e, conseqüentemente, o controle biológico da praga (JANSSEN et al., 2007; SILVA et al., 2018).

Desta maneira, o presente estudo tem como objetivo avaliar a capacidade de predação de *Orius* e *A. limonicus* sobre ácaros (*T. urticae*), assim como, estudar as interações (predação intraguilha) deste percevejo predador com o ácaro fitoseídeo predador *A. limonicus*, com disputa pelo mesmo recurso alimentar (ácaros ou tripes), em condições de laboratório.

Outro objetivo é a avaliação do desempenho de *A. limonicus* para o controle biológico de tripes, ácaros e moscas-brancas em cultivos comerciais pimentão, no estado de São Paulo.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Avaliar o desempenho de *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) e *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) no controle biológico de ácaro-rajado (*T. urticae*), e suas interações, em condições de laboratório, e avaliar o potencial de uso de *A. limonicus* para o controle biológico de ácaro-rajado, tripes e moscas-brancas, em cultivo protegido de pimentão, no estado de São Paulo.

### 2.2 Específicos

- Avaliar a capacidade de predação de *A. limonicus*, quando alimentado com diferentes fases de desenvolvimento (ovo e adulto) de ácaro-rajado, *T. urticae*, em condições de laboratório;
- Avaliar a capacidade de predação de *O. insidiosus*, quando alimentado com diferentes fases de desenvolvimento (ovo e adulto) de ácaro-rajado, *T. urticae*, em condições de laboratório;
- Avaliar a capacidade de oviposição de *A. limonicus*, quando alimentado isoladamente com ovos de *T. urticae*, e ovos de *T. urticae* em associação a pólen de mamona;
- Avaliar a influência do uso de duas espécies de predadores (*A. limonicus* e *O. insidiosus*) sobre o desempenho desses organismos no controle biológico de *T. urticae*, em condições de laboratório.
- Avaliar o comportamento de caminhamento (velocidade de caminhamento, distância percorrida) de *O. insidiosus* em arenas de folha com diferentes densidades populacionais de *T. urticae*.
- Avaliar o desempenho de *A. limonicus* para o controle biológico de ácaros (*T. urticae*), tripes (*Frankliniella* sp.) e mosca-brancas (*B. tabaci*), quando liberados em cultivos comerciais de pimentão, no estado de São Paulo;
- Estimar o custo de produção de *A. limonicus* e os possíveis benefícios gerados nos cultivos agrícolas pela liberação do ácaro-predador

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFIA

#### 3.1 Cultivos de pimentão e sua importância econômica

O pimentão pertencente à família Solanaceae, ao gênero *Capsicum* e à espécie *C. annuum*, é o mais utilizado comercialmente no Brasil. Dentre as outras espécies utilizadas pelo homem e distribuídas pelas Américas, estão *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens*. De todas essas espécies, *C. annuum* é a mais cultivada, originando diversos cultivares de pimentões e pimentas utilizados para alimentação e alguns como ornamentais (CARVALHO et al., 2006).

Inicialmente, o uso da pimenta se deu pelos nativos na América Latina, sendo difundida dentro dos lares na América Central, no México. Após difusão pelo mundo, frutos foram geneticamente selecionados, visando frutos maiores, melhor qualidade de sementes (para reprodução) e maior capacidade de autofecundação. Os frutos que foram introduzidos no Brasil foram originados da Espanha (BLAT; Da COSTA, 2007).

Anualmente, o Brasil cultiva em torno de 13 mil hectares de pimentão, produzindo anualmente aproximadamente 290 mil toneladas de frutos. Os pimentões (Figura 1) são comercializados geralmente em sua forma verde; porém, seus cultivares vermelhos (maduros) e híbridos coloridos (creme, amarelo e laranja) também são distribuídos pelo comércio em todo o país. Dentre os principais estados produtores, estão São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Rio de Janeiro (MAROUELLI; SILVA, 2012). Do ponto de vista econômico, o cultivo de pimentões é uma atividade considerável para o Brasil. Por ano, estima-se que apenas o mercado nacional de sementes de pimentão movimente aproximadamente US\$ 1,5 milhão.



**Figura 1.** Variedades mais comercializadas do pimentão no Brasil.

Fonte: SACOLÃO DA SANTA (2021)



A planta do pimentão tem como características, seu cultivo anual, planta arbustiva, ereta, tendo entre 40 e 150 cm de altura, enquanto suas raízes podem chegar até 1 metro de profundidade. Suas folhas apresentam pecíolos compridos e limbos ovais-lanceolados, de coloração verde escuro, bordos lisos, alternados pelo caule. As flores se encontram isoladas pelas axilas foliares, com pedúnculos curtos. Pequenas (1 a 2 cm de diâmetro) e de corola branca. Predominantemente realizam autofecundação, entretanto, seu percentual de polinização cruzada circunda na faixa de 35%. O fruto do pimentão/pimenta é uma baga lisa e brilhosa por fora, oco por dentro, tendo de 2 a 4 lóculos internamente. Variam muito de formato, cor e comprimento. Suas sementes são aderidas à placenta central, no interior do fruto. A parte comestível do fruto é a polpa (BLAT; Da COSTA, 2007).

Embora o pimentão verde tenha sido o pioneiro dentre as demais variedades, o pimentão vermelho vem ganhando importância econômica em indústrias de processamento alimentício devido à presença, na polpa de seus frutos já maduros, de um grande concentrado de pigmentos naturais. A presença de xantofilas (carotenoides oxigenados, como a capsorubina e a capsantina) é responsável por cerca de 70% da coloração amarelada dos frutos maduros, e são justamente estes pigmentos que têm sido utilizados em grande escala como corantes para alimentos processados, como macarrões instantâneos, molhos, embutidos e sopas em pó, além de servir como corante para rações, por exemplo (CULTIVAR, 2015).

A forma conhecida de um desses pigmentos é denominada páprica, e seu preparo se dá pelo processamento industrial em forma de pó. A área cultivada no Brasil para esse condimento em específico ainda é pequena, não chegando a 2.000 ha, e quase toda sua produção tende a ser exportada. É importante levar em consideração as exigências do mercado exterior quanto à qualidade do produto, sendo essencial a escolha adequada dos cultivares, com alto teor de pigmentos, polpa grossa, boa estabilidade da páprica produzida, além de um elevado rendimento industrial. Ainda sobre questões acerca da exigência quanto ao produto final, o consumidor demanda alta variedade dentro do grande grupo dos pimentões. Em sua maioria, o pimentão verde é o mais comercializado. Entretanto, fatores como sabor e diversidade de alimentação têm favorecido a demanda pelos diferentes tipos do fruto. No Brasil, o cultivo de pimentão demonstra importantes perspectivas de crescimento e expansão, principalmente considerando-se os diferentes espaços de mercado. São inúmeras as maneiras de consumir o pimentão. Podem ser consumidos em sua forma fresca, natural – em saladas,

refogados e até como tempero, bem como de forma processada – no caso da supracitada páprica, além de molhos e geleias (CULTIVAR, 2015).

Por ser uma planta tropical, para seu desenvolvimento completo a planta exige temperaturas entre 20 e 30°C. As plantas jovens são mais sensíveis a temperaturas amenas, enquanto as adultas não suportam geadas e quedas bruscas de temperatura. Sua germinação não tem como exigência um solo muito úmido, se desenvolvendo bem em climas tropical e tropical-árido. Entretanto, a ausência ou déficit de água durante o desenvolvimento e florescimento provoca paralisação no crescimento, fazendo com que os frutos não se desenvolvam adequadamente.

Técnicas de plantio de mudas são aplicadas e estudadas frequentemente para melhoria das tratativas das lavouras. São sugeridas a produção de mudas e o consequente transplante das mesmas após o aparecimento de 7 ou 8 folhas definitivas, podendo ser tanto em canteiros quanto em sulcos. Nos plantios de campo aberto, sugere-se adotar 1m de espaçamento entre as fileiras e aproximadamente 50 a 60 cm entre as plantas. Deve-se buscar espaçamento adequado para o plantio, uma vez que as plantas necessitam de espaço adequado para crescer, boa ventilação e luminosidade (BLAT; Da COSTA, 2007).

Um dos principais desafios encontrados para o cultivo de pimentão no Brasil é a falta de agroquímicos (inseticidas, acaricidas) registrados para a cultura no MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Além disso, fatores como sua característica de vida pós-colheita ser reduzida, o índice de perdas na cultura é um agravante para a economia de sua lavoura (CAVICCHIOLI, 2006).

Associado ao desafio da falta de agroquímicos, as pragas e doenças representam um intenso agravante para a economia quando se trata do cultivo de pimentão. Se destacam as doenças bacterianas (como a murcha-bacteriana – causada pela *Ralstonia solanacearum*, mancha-bacteriana – *Xanthomonas axonopodis*, e podridão mole ou doença do talo oco - *Erwinia* spp.), fúngicas (requeima ou murcha de fitóftora – causada pelo fungo *Phytophthora capsici*, murcha de esclerócio – *Sclerotium rolfsii*, antracnose – *Colletotricum* spp., oídio – *Oidiopsis taurica*), e virais (vira-cabeça – tendo como vetor o tripses do gênero *Frankliniella*, mosaico do pimentão PVT e PepYMV – sendo vetor os pulgões, mosaico do pepino ou CMV – também tendo os pulgões como vetores).

Além das doenças, são conhecidos por causar graves prejuízos econômicos para a lavoura de pimentão alguns artrópodes-praga. São os pulgões (*Myzus persicas* e

*Macrosiphum euphorbitae* – transmissores do vírus do mosaico, e responsáveis por causar enrolamento e engruvinhamento dos ramos e folhas), tripses (*Frankliniella shultzei*, *F. occidentalis* e *Thrips tabaci*), transmissores de tospovírus e responsáveis danos diretos à planta pela sucção da seiva e raspagem do tecido vegetal, vaquinhas (*Diabrotica speciosa*), provocando injúrias sérias às plantas pela alimentação dos adultos, e ácaros (ácaro-rajado - *Tetranychus urticae*, ácaro-vermelho - *T. evansi* e *T. marianae*, e ácaro-branco - *Polyphagotarsonemus latus*), causadores de sintomas como clorose generalizada, teias e queda intensa de folhas (BLAT; Da COSTA, 2007).

### 3.2. Ácaro-rajado (Acari: Tetranychidae)

O ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), é uma das espécies de ácaros fitófagos de maior importância econômica, devido aos danos causados a um grande número (mais de 150) de espécies de plantas cultivadas (MORAES; FLECHTMANN, 2008) (Figura 2). Atualmente, existem mais de 3800 plantas hospedeiras de *T. urticae* relatadas pelo mundo (ISLAM et al., 2017; OSMAN et al., 2019)

As plantas hospedeiras são afetadas de diferentes maneiras, incluindo a redução na taxa de fotossíntese, ou até mesmo a injeção de substâncias fitotóxicas durante sua alimentação. Além disso, seu ataque reduz o valor comercial dos produtos, uma vez que a aparência e a qualidade acabam sendo comprometidas pela presença de fezes nas folhas, teias e o desfolhamento, bem como as manchas cloróticas. A combinação de todos esses fatores acaba por declinar os interesses econômicos, fazendo com que produtores lidem com grandes e severas perdas econômicas (ATTIA et al., 2013).



**Figura 2.** Folha de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) atacada por ácaro-rajado  
Fonte: LEAL, M. B. (2022)

O ácaro possui um ciclo de vida completo com dimorfismo sexual durante toda sua vida. Seu ciclo é composto de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa, e por fim o adulto. Ao fim da fase larval e a cada instar, passa por um período inativo, denominado quiescência, até o próximo estágio (BOUDREAUX, 1963; SHIH; POE; CROMROY, 1976). Ainda de acordo com Boudreax (1963), a temperatura não é um grande fator limitante para seu desenvolvimento. Embora seu intervalo de ótimo desenvolvimento se dê entre 23 e 29°C, temperaturas variadas também proporcionam o desenvolvimento completo de seu ciclo de vida – ainda que de forma mais vagarosa.

Os fios (teias) são tecidos pelas fêmeas, sendo neles onde ocorre preferencialmente a oviposição. Os ovos geralmente são esféricos-ovalados, de cor branco-amarelada, e seu período de incubação circunda entre três e seis dias. Ao eclodirem, as larvas são incolores e translúcidas, tendo por característica diferencial a existência dos ocelos. Ao passar o ciclo, a coloração das mesmas vai se alternando de acordo com sua alimentação. Todo o desenvolvimento do ácaro dura cerca de 14 dias, sendo finalizado com a fêmea adulta (Figura 3) possuindo oito pares de pernas, e sendo favorecido por altas temperaturas e baixa umidade. As fêmeas são morfologicamente maiores que os machos, apresentando, além do maior porte, corpo e dorso ovalados. Os machos, entretanto, possuem uma estrutura mais afilada. Sua coloração varia entre verde-amarela, verde-escuro, amarelo-marrom e marrom-vermelha. São haplodiplóides, ou seja, os machos são produzidos por partenogênese (ovos não fertilizados dão origem apenas a machos) e os ovos fertilizados (reprodução sexuada) dão origem às fêmeas (SOSA-GÓMEZ et al., 2014).



**Figura 3.** Fêmea adulta de ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) acompanhada de um ovo.  
Fonte: LEAL, M. B. (2022)

Atualmente, *T. urticae* é amplamente distribuído por todo o mundo, de forma onipresente. Por ser uma praga extremamente polífaga e partenogênica, possui uma alta velocidade de desenvolvimento, favorecendo assim seu estabelecimento pelo mundo (GALLO et al., 2002; MORAES; FLECHTMANN, 2008).

São danos e injúrias comuns ao ataque do ácaro tetraniquídeo *T. urticae* as manchas cloróticas localizadas (causadas pela sucção do conteúdo celular e consequente ausência dos pigmentos fotossintetizantes), necrose foliar, senescência prematura, desfolhamento e morte da planta (Figura 4). Assim, afeta de forma significativa o crescimento da planta e consequentemente sua taxa fotossintética. Com isso, reduz drasticamente o rendimento econômico que poderia ser obtido por determinada cultura (SACRAMENTO, 2016; IHARA, 2021).



**Figura 4.** Exemplos de pimentão (*Capsicum annuum*) atacados por *Tetranychus urticae*.

Fonte: LEAL, M. B. (2022)

### 3.3 Tripes (Thysanoptera: Thripidae)

Tripes (Thysanoptera: Thripidae) são pequenos insetos afilados (corpo estreito) com dois pares de asas franjadas e aparelho bucal raspador-sugador. Em sua grande maioria, apresentam comportamento fitófago. Porém, podem também ser predadores ou ainda micófagos. São inúmeras espécies fitófagas, e a maioria acomete uma variedade imensa de plantas, principalmente as cultivadas. Sua alimentação se dá através da sucção da seiva das flores, folhas e frutos, prejudicando toda a planta. Os tripes são encontrados principalmente, nas flores, onde há pólen em abundância, além de folhas, brotos, cascas de árvores e folhagens rasteiras. Condições de estiagem normalmente favorecem o seu desenvolvimento (QUEIROZ, 2015).

Pertencentes à ordem Thysanoptera, muitas espécies são de importância agrícola. Podemos citar o gênero *Thrips*, sendo *T. tabaci* (adultos de coloração amarelo-amarronzada, com aproximadamente 1 mm de tamanho, ninfas amarelo-esverdeadas), *T. palmi* (adultos e ninfas de coloração amarela, adulto com mais de 1 mm de comprimento), e o gênero *Frankliniella*, sendo as espécies *F. schultzei* (coloração variável: amarelada, marrom, preta; entre 1 e 3 mm) e *F. occidentalis* (nas fases imaturas apresenta coloração amarelada, e quando adultos são amarelos-amarronzados, também entre 1 e 3 mm de comprimento) (Figura 5) (MONTEIRO; MOUND; ZUCCHI, 2001).



**Figura 5.** *Frankliniella occidentalis* em diferentes estágios de seu ciclo vital (larval, adulta e ambas as fases).

Fonte: Disponível em AGRISOLVER (2019), sob direitos autoris de Mohammad Mirnezhad, Leiden University, Bugwood.org; David Cappaert, Bugwood.org; Jack T. Reed, Mississippi State University, Bugwood.org. Licencia Creative Commons 3.0

Sua reprodução é sexuada e partenogênica, e seus ovos são postos de forma escondida na epiderme das folhas. Após alguns dias, há o surgimento de larvas (ou ninfas), conhecidas por sua coloração mais clara e ausência de asas. Sua metamorfose é incompleta com dois estágios larvais. Em seguida, ocorrem as fases de pré-pupa e pupa, geralmente associadas ao solo, e finalmente a emergência do adulto, já desenvolvido e com asas. Todo seu ciclo dura por volta de 15 dias (FREITAS, 2018).

O ataque dos insetos à planta como um todo pode impedir o seu desenvolvimento, uma vez que os tripses podem atuar como vetores de viroses, como o da vira-cabeça, além de facilitar a entrada de diferentes agentes patogênicos, como as bactérias fitopatogênicas. Os danos conhecidos como diretos causados por tripses envolvem as injúrias decorrente de sua alimentação nos tecidos vegetais. Por conta da predileção pela presença do pólen, os tripses possuem certa preferência pelas flores e, conseqüentemente, os frutos. Por conta dos danos causados nos frutos, os prejuízos econômicos são graves, uma vez que esse – o fruto – é o alvo da comercialização. Sua alimentação resulta em estrias prateadas nas superfícies dos frutos e das flores. O ataque severo pode afetar a integridade das folhas, flores e frutos, gerando problemas inclusive nas brotações subsequentes (DA SILVA ROCHA, 2011; BERNARDI, 2015).

Quanto aos danos denominados indiretos, diferentes gêneros e espécies (como *Thrips palmi*, *Frankliniella schultzei* e *F. occidentalis*) são vetores de viroses. Ao se alimentarem de plantas infectadas, as larvas se contaminam pelo vírus ali presente – como, por exemplo, o da vira-cabeça do tomateiro (tospovírus) (LINS JUNIOR; SANTOS, 2020). O adulto ao se locomover para novas plantas, sadias, para se alimentar, o vírus é inoculado a elas. Inicialmente, as plantas atacadas têm por característica o bronzeamento foliar, estrias negras pelo caule, manchas amareladas nos frutos e o curvamento do broto principal – dando origem ao nome da doença de “vira-cabeça”. Danos maiores são causados ainda quando populações de tripses migram entre lavouras, infectando inúmeras culturas (MEDEIROS; BÔAS, 2022).

De acordo com a revisão realizada por Monteiro, Mound e Zucci (2001), duas espécies do gênero *Frankliniella* são conhecidas por atacar a cultura do pimentão: *F. schultzei* e *F. occidentalis*. Também sobre a cultura do pimentão, Bergamo *et al.* (2020) realizaram um trabalho que visava estudar a influência do vento na infestação de tripses em lavouras de pimentão, e observaram que muitos indivíduos adultos de *Frankliniella* chegaram às áreas de pesquisa, oriundos de ambientes externos.

Além dos danos diretos, a infecção dos cultivos de pimentão por diferentes vírus – como as tospoviroses (TCSV) – é um grave problema, no estado de São Paulo. Desta forma, existem inúmeros desafios associados à infecção de diversas culturas por tospoviroses como TSWV (*Tospovirus Tomato Spotted Wilt Virus*) (SPADOTTI, 2016).

Somente as larvas de tripes podem adquirir os tospovírus (Figura 6) das plantas, e os adultos originados destas larvas podem transmitir os vírus ao longo vida. Os adultos também constituem a fase com maior mobilidade, devido à existência das asas (característica específica para a fase adulta), sendo responsável pela dispersão das viroses no campo (SPRAGUE et al., 2018; BERGAMO et al., 2020).



**Figura 6.** Exemplos de *Capsicum annuum* infestado por tospovírus (TSWV)

Fontes: Figuras 6.1 e 6.2: Frutos infestados (Disponível em INVASIVE.ORG, sob direitos autorais de Gerald Holmes, Strawberry Center, Cal Poly San Luis Obispo, Bugwood.org); Figuras 6.3 e 6.4: Folhas com sintomas de ataque (Disponível em INVASIVE.ORG, sob direitos autorais de Elizabeth Bush, Virginia Polytechnic Institute and State University, Bugwood.org; e disponíveis em INVASIVE.ORG, sob direitos autorais de Gerald Holmes, Strawberry Center, Cal Poly San Luis Obispo e Bugwood.org, respectivamente).

Usualmente, as doenças virais entram nos cultivos através de indivíduos adultos, alados, que chegam de áreas adjacentes. A partir disso, a doença avança pela lavoura através de adultos que adquiriram o vírus durante sua fase larval em plantas dentro do próprio cultivo. Para que uma doença possa ser disseminada dentro de uma cultura, é



importante que tripses em estágios imaturos – larvas – sejam eliminados primeiramente (MOMOL et al., 2004; BERGAMO et al., 2020).

Juntamente às dificuldades encontradas para o controle de sua disseminação, o manejo dos tripses vem se mostrando essencial para diversos cultivos, incluindo o do pimentão (*C. annuum*) (SPADOTTI, 2016).

A possibilidade de aumento de danos pela ação de tripses em cultivos abertos pode ser reduzida pela implementação de barreiras de vento, como ocorre em estufas. Porém, a incidência de tripses nos cultivos de pimentão, independente da forma de cultivo, ainda é um grave problema para os produtores (CALISTO, 2017; BERGAMO, 2020).

### **3.4 Mosca-branca (Hemiptera: Aleyrodidae)**

A mosca branca, *Bemisia tabaci* (Genn.) pertence à ordem Hemiptera, e família Aleyrodidae. A família possui cerca de 1500 espécies (INBAR; GERLING, 2008), sendo que a subfamília Aleyrodicinae, a qual pertence à espécie *B. tabaci*, compreende mais de 90% do total de espécies dessa família (MARTIN; MOUND, 2007).

É uma espécie cosmopolita, cujo suposto centro de origem é o Oriente. Foi introduzida na África, Europa e Américas pelo transporte e intercâmbio de material vegetal. Os danos causados podem ser divididos em diretos, pela alimentação, com redução na produção, descoloração de frutos e definhamento de plantas, injeção de toxinas, causando desordens fisiológicas; ou indiretos, facilitando a colonização por fungos (fumagina), devido à sua secreção açucarada (*honeydew*), além da transmissão de fitovírus (BROWN; BIRD, 1992). É considerada a espécie mais importante como vetora de fitovírus (GERLING; MOTRO; HOROWITZ, 1980; HARRISON, 1985; DUFFUS, 1987).

### **3.5 Controle químico e resistência de *T. urticae* a acaricidas**

Métodos de controle para o ácaro-rajado estão frequentemente sofrendo mudanças e inovações, tendo em vista a onipresença e seu ataque a diversas culturas pelo mundo. O controle de *T. urticae* vem sendo realizado principalmente por meio da utilização de pesticidas químicos, o que pode acarretar em graves consequências ambientais (WATANABE et al., 1994; SATO et al., 2002).

O desenvolvimento de resistência do ácaro-rajado a diversos acaricidas tem sido relatado em inúmeras culturas, em diferentes países. No Brasil, estudos recentes têm indicado que diversas populações de *T. urticae* são resistentes a vários acaricidas, tais como fenpyroximate, abamectin, milbemectin, clorfenapir, etoxazol e spiromesifen (SATO et al., 2004, 2005, 2007, 2016; NICASTRO et al., 2010, 2011; STOCCO; SATO; SANTOS, 2016).

De acordo com uma revisão realizada por Sato et al. (1994), a resistência de artrópodes-praga a agroquímicos vem se tornando um dos grandes problemas para os produtores. Uma das decorrências do desenvolvimento de resistência pelos mesmos é a aplicação mais frequente dos pesticidas, aumento da dosagem, substituições por outros produtos – geralmente mais tóxicos. Essas atitudes implicam em problemas como contaminação do meio ambiente, eliminação de organismos benéficos, como inimigos naturais, e aumento nos custos para controle da praga.

De acordo com Ferreira et al. (2015), existem inúmeros relatos na literatura a respeito do desenvolvimento de resistência, e resistência cruzada, por populações de campo de *T. urticae* a muitos acaricidas e inseticidas, em diferentes culturas mundialmente. Sabe-se, também, até mesmo baixas dosagens e dosagens subletais de alguns acaricidas podem proporcionar a seleção da resistência em populações de ácaros-rajados (WANG et al., 2014).

### **3.6 Controle químico e resistência de *F. occidentalis* a inseticidas**

Bem como os casos associados à resistência do ácaro-rajado a acaricidas, são inúmeros os casos de resistência de tripes a inseticidas, em muitas culturas. Foi realizada uma pesquisa a respeito da eficácia de diversos inseticidas ao tripe *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) na cultura de cebola, no vale do Itajaí, em Santa Catarina. Embora fossem testados 14 diferentes inseticidas, tais como profenofós, cipermetrina, cloridato de formetanate, abamectina, thiamethoxam e lambda-cialotrina. Ao término dos experimentos, os autores concluíram que embora vários inseticidas tenham reduzido a densidade populacional da praga, não houve redução significativa nos danos provocados pela praga nem crescimentos significativos na produtividade, tendo em vista a aplicação dos inseticidas, demonstrando assim, que de certa forma, o uso de agroquímicos não resultou benefícios à cultura (GEREMIAS; GONÇALVES; RESENDE, 2019).

O manejo de tripes-praga em cultivos de ornamentais, geralmente é primordialmente baseado na aplicação de produtos fitossanitários (agroquímicos). Entretanto, técnicas de controle baseadas na utilização destes produtos são prejudicadas por alguns fatores, como a ampla distribuição geográfica da praga, e a predominância de muitas espécies conhecidas pelos prejuízos em consequência da fitofagia e a transmissão viral para as plantas (FERNANDES et al., 2017).

Um dos fatores que corroboram para dificuldades associadas ao controle químico de tripes é o fato de a maioria dos produtos fitossanitários não atingirem todos os estágios de vida dos tripes. Por exemplo, no caso do gênero *Frankliniella*, o uso dos agroquímicos tem sua eficácia prejudicada, pois os ovos dos tripes são colocados nos tecidos foliares, e seus estágios de pré-pupa e pupa (imóveis) ficam protegidos no solo (IMMARAJU et al., 1992; FERNANDES et al., 2017). As populações de tripes possuem como característica seu rápido desenvolvimento em curto intervalo de tempo. Juntamente ao curto tempo de uma geração de *F. occidentalis*, a alta fertilidade da mesma, sua forma reprodutiva, hábito alimentar e características como polifagia favorecem um rápido desenvolvimento da resistência destes insetos a produtos fitossanitários (JENSEN, 2000; STUART; FUNDERBURK, 2012; FERNANDES et al., 2017).

Rais, Sato e Silva (2013) realizaram ensaios para detectar e monitorar a resistência de *F. occidentalis* ao inseticida espinosade. Os insetos utilizados para o monitoramento foram coletados de culturas de crisântemo, no estado de São Paulo. Como conclusão, puderam inferir que algumas populações apresentavam entre 30 e 40% dos insetos resistentes ao espinosade. Esse foi o primeiro relato da resistência de *F. occidentalis* a espinosade no Brasil.

Mantel (1989) reportou que o controle químico de *F. occidentalis* seria difícil. O inseto é resistente à maioria dos inseticidas conhecidos, e suas formas larvais têm por característica manter-se em locais protegidos. A viabilidade do uso de inseticidas em cultivos em estufa, para controlar *F. occidentalis*, é limitada, devendo ser avaliadas metodologias alternativas como a utilização do controle biológico.

### **3.7 Controle biológico**

Pragas ocorrem frequentemente em níveis que causam danos econômicos, havendo a necessidade de controle, normalmente com uso de inseticidas e acaricidas químicos. Porém, pesquisadores podem buscar outras ferramentas para a mesma finalidade, que muitas vezes podem apresentar um custo financeiro menor. O controle biológico, por exemplo, envolve a interação entre espécies e seus inimigos naturais visando limitar o crescimento populacional das pragas no campo. Nesse aspecto, alguns estudos visam selecionar agentes de controle biológico eficientes para o controle de pragas específicas, sem impactos significativos para organismos não-alvo, principalmente inimigos naturais (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007).

De acordo com Corseuil (2007), o controle biológico consiste na redução da população de animais (ou plantas) considerados nocivos por meio de seus inimigos naturais. Diferencia-se do controle natural, pois é orientado pelo homem. Visa, principalmente, o restabelecimento do equilíbrio natural, não ocasionando problemas de poluição ambiental. O Brasil possui um alto potencial em fazer uso de agentes de controle biológico, havendo equipes de pesquisa qualificadas nesta área.

O controle biológico apresenta resultados mais expressivos para alguns grupos de pragas. Algumas espécies de insetos e ácaros exigem atenção especial, uma vez que são capazes de ocasionar graves prejuízos econômicos às culturas (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Os inimigos naturais que atuam como agentes de controle biológico na agricultura podem ser divididos em microrganismos (vírus, bactérias, fungos) e macro-organismos, como nematoides, insetos (predadores, parasitoides) e aracnídeos (ácaros, aranhas) (FONTES; VALADARES-INGLIS, 2020).

#### **3.7.1 Custos e implantação**

Economia e sustentabilidade são termos intimamente ligados. Sendo assim, forças do mercado financeiro garantem que práticas antieconômicas se tornem insustentáveis. (DE ASSIS, 2013). O objetivo do controle de pragas geralmente não visa à erradicação total da praga no campo, mas sim a redução da população da praga em um nível que não haja danos econômicos à cultura. Quando uma população de praga alcança um nível acima do de dano econômico, a medida a ser tomada nesta situação,

pode não se mostrar eficaz para solucionar o problema (devido ao atraso na tomada de decisão). Propõe-se uma densidade máxima da praga, para cada estratégia de manejo (controle químico / biológico), visando evitar que a praga atinja níveis que causem danos econômicos (RAMIREZ; SAUNDERS, 1999; BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007).

Sistemas de MIP (manejo integrado de pragas) são tratados e pensados em função de táticas adequadas. As estratégias se resumem no controle de pragas baseado em requisitos econômicos, ecológicos e toxicológicos, tomando nota e adotando princípios, como a retirada de proveito de fatores naturais que limitam as populações de praga. Pesticidas químicos são comumente usados para o manejo de pragas, mas infelizmente não têm sido utilizados com a cautela necessária; efeitos posteriores ao uso de um pesticida podem envolver reações como o fenômeno da ressurgência da praga-alvo, por atingirem não somente a praga, mas seus inimigos naturais (BRADER, 1979; BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007).

Apesar das dificuldades para a implementação dos programas de controle biológico (incluído os desafios para a produção massal, registro de agentes de biocontrole, definição de estratégias adequadas para o uso dos agentes biológicos no campo, deficiências na difusão de conhecimentos, etc.), o mercado brasileiro de agentes de controle biológico de pragas e doenças de plantas tem crescido e se diversificado substancialmente nos últimos anos, havendo expectativa de alcançar R\$ 6,2 bilhões até 2025. O mercado global de bioinsumos para o mesmo ano seria estimado em US 18,5 bilhões (DOUTOR AGRO, 2022).

A aplicação do controle biológico e de outros métodos alternativos na agricultura para o controle das questões fitossanitárias vem recebendo uma contribuição importante da agricultura orgânica e de suas variantes, tais como: agricultura biodinâmica, natural, alternativa, sustentável e ambiental (MORANDI *et al.*, 2005). Esses novos modelos de agricultura corroboram para a racionalização do uso de agrotóxicos e atendem às exigências e necessidades de uma produção de alimentos saudável e com qualidade ambiental, juntamente à redução de impactos negativos ao meio ambiente (BETTIOL; MORANDI, 2009).

A aplicação do controle biológico pode se dar através de três principais formas: controle biológico clássico – atuando sobre pragas por meio da introdução de inimigos naturais; multiplicação de inimigos naturais – ações para aumentar em curto prazo populações das espécies desejadas; e conservação de inimigos naturais – ações

programadas para manter e proteger, em longo prazo, populações das espécies desejadas (GRAVENA, 1992; CRUZ, 2015).

Já no início do século passado, houve as primeiras tentativas de colocar em prática o uso do controle biológico no Brasil; um dos primeiros trabalhos publicados se refere ao controle da cochonilha branca da amoreira, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae), por meio da importação do parasito himenóptero *Encarsia berlesei* (*Prospaltella berlesei*) (Howard) (Hymenoptera, Aphelinidae) em 1916. Nas décadas de 1970 e 1980, um dos trabalhos mais interessantes se refere ao controle da lagarta da soja através de um vírus (*Baculovirus anticarsia*), sendo responsável por reduzir consideravelmente o volume de inseticidas químicos usados sobre aquela cultura, na época (MORAES, 2004).

Atualmente, sabe-se que o Brasil possui altíssimo potencial de fazer uso de agentes de controle biológico, tendo como estrutura diversos laboratórios de pesquisa envolvidos e equipados para o estudo a respeito do controle biológico, bem como pesquisadores qualificados, em comparação com outras partes do mundo. É um dos poucos países onde ocorrem reuniões científicas com o objetivo específico em treinar e promover atualizações a respeito de controle biológico a diferentes pesquisadores, professores e alunos (MORAES, 2004; PARRA, 2016).

### **3.7.2 Vantagens da utilização de técnicas para controle biológico na agricultura**

Cada cultura apresenta determinadas características que respondem a menores ou maiores probabilidades de serem atacadas por pragas e se estas podem ser controladas biologicamente. Comumente, o controle biológico aplicado é mais eficiente em culturas perenes. Entretanto, o manejo biológico de pragas em larga escala pode ser mais caro do que os métodos tradicionais (utilizando apenas pesticidas); ou seja, populações que apresentam rendas mais baixas podem apresentar dificuldades em adquirir ou produzir inimigos naturais para o seu uso (MORAES; BERTI FILHO, 2005).

É tido que o dinheiro rege as grandes empresas e organizações. Em Cuba, porém, onde o custo de produtos químicos é muito alto, é viável a utilização de controle biológico para a obtenção de uma “agricultura biológica”. O Brasil é conhecido por um reservatório de organismos que podem ser usados como agentes de controle biológico em agroecossistemas; porém, sabe-se que cada organismo apresenta características

morfológicas, fisiológicas e ecológicas específicas que lhe permitem sobreviver apenas sobre determinadas condições ambientais. Assim, no caso de predadores, metodologias de controle biológico necessitam de mais estudos, não somente sobre sua capacidade de predação sobre outros organismos, mas também sobre sua capacidade de adaptação e sobrevivência nos diversos cultivos agrícolas (MORAES; BERTI FILHO, 2005).

Além da questão do meio onde será inserido o agente biológico, um dos aspectos mais relevantes para a implementação do controle biológico se refere à identificação precisa, tanto da praga quanto dos agentes de controle biológico. Por meio de técnicas de caracterização molecular, atualmente é possível complementar e confirmar as identificações realizadas apenas por análises morfológicas. Os usos de técnicas de manipulação genética para modificação de agentes de controle biológico também podem torná-los mais resistentes a pesticidas, por exemplo, além de modificações no genoma de inimigos naturais, visando aumentar a capacidade de sobrevivência dos agentes de controle biológico em ambientes diferentes dos quais são naturalmente inseridos (MORAES; BERTI FILHO, 2005).

Em um estudo sobre a eficácia técnica e econômica do controle biológico da traça-do-tomateiro, por meio da utilização de parasitoides, os autores observaram inúmeros atributos positivos relacionados ao uso de controle biológico para o controle da praga, sendo a segurança alimentar um dos mais importantes. Considerando que os alimentos produzidos sem a utilização de agroquímicos são mais saudáveis, tanto para os consumidores quanto para os produtores, os mesmos podem ainda ser comercializados por um preço mais elevado, pela agregação de valores. A redução dos impactos ambientais relacionados à produção foi outro fator considerado essencial para a escolha das estratégias de manejo dos cultivos agrícolas (MEDEIROS; VILELA; FRANÇA, 2006).

### **3.7.3 Uso de predadores naturais em relação ao padrão do agricultor**

Didaticamente, duas são as modalidades principais de uso do controle biológico com insetos ou ácaros: o controle biológico aplicado, quando o agente de controle biológico é adquirido em biofábricas e então liberado adequadamente na área onde se quer controlar uma determinada espécie fitófaga; e, de igual importância, ocorre o controle biológico natural, em que há participação ativa dos insetos benéficos já existentes na área-alvo. Não há participação humana direta na produção e liberação

destes benéficos. Práticas agrícolas que favoreçam a manutenção e o aumento da população desses insetos são fundamentais para o agricultor usufruir desse serviço gratuito oferecido pela natureza (CRUZ, 2022).

Muitas espécies de insetos e ácaros são reconhecidas atualmente como agentes de controle biológico de pragas. Tais agentes podem ser agrupados em parasitoides (organismos os quais em pelo menos uma de suas fases de vida utiliza a praga como hospedeiro natural), e predadores (os quais nunca estão intimamente ligados a uma presa) (PARRA et al., 2002). Alguns organismos são conhecidos por terem os insetos-praga como alimento, seja em sua fase larval quanto adultos. Como exemplo, é possível citar as culturas de milho e algodão, onde existem insetos predadores naturais conhecidos, como algumas espécies de besouros (joaninhas) e percevejos (*Orius* e *Podisus*) (CRUZ, 2007, 2015).

O controle biológico pode ser obtido: (1) naturalmente, utilizando-se de práticas culturais visando preservar e/ou aumentar o número de inimigos naturais presentes no agroecossistema, (2) de forma inoculativa, através de liberações de inimigos naturais obtidos de criações ou oriundos do campo, os quais irão potencializar o número de agentes de controle biológico naturalmente incidentes na cultura, e (3) de forma clássica, introduzindo e promovendo características ambientais favoráveis ao estabelecimento de inimigos naturais em áreas em que não ocorriam anteriormente (PARRA et al., 2002; EVANGELISTA JÚNIOR; ZANÚNCIO JÚNIOR; ZANÚNCIO, 2014).

### **3.8 Inimigos naturais**

O uso de insetos e inimigos naturais para reduzir populações de pragas não é essencialmente atual. Na China, formigas predadoras foram utilizadas para controlar lepidópteros-praga em culturas de citros. Até 1992, 543 espécies de insetos foram alvos de mais de 1.200 introduções em programas de controle biológico (PARRA et al., 2002).

Dentre os parasitoides, os mais frequentemente utilizados pertencem à ordem Hymenoptera, e em menor proporção, à ordem Diptera. Dentre os indivíduos utilizados da ordem Hymenoptera, as famílias mais usadas são Braconidae, Ichneumonidae, Eulophidae, Pteromalidae, Encyrtidae e Chalcididae. Diante dos dípteros, o grupo mais usado é o dos Tachinidae. Diante de todas as famílias de insetos predadores de pragas



agrícolas, as mais comumente encontradas são Anthocoridae, Pentatomidae, Reduviidae, Carabidae, Coccinellidae, Staphylinidae, Chrysopidae, Syrphidae e Formicidae. Os ácaros fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae) também são importantes organismos utilizados para o controle biológico de pragas (BORROR; DELONG, 1971; PARRA et al., 2002).

A produção dos predadores em laboratório tem relação direta com a utilização destes organismos como agentes de controle biológico. Estudar aspectos técnicos e econômicos, bem como as relações de custo/benefício para sua criação, é fundamental para o emprego eficaz dos predadores em campo ou cultivos protegidos. O desenvolvimento de técnicas para produção em larga escala e de metodologias para avaliação da qualidade e desempenho dos agentes biológicos, armazenamento, envio e liberação dos inimigos naturais, acaba por reduzir o custo de produção, bem como, favorece a melhoria da qualidade de produção dos bioprodutos e, conseqüente, a viabilização de seu uso (MENDES et al., 2005; BALE; LENTEREN; BIGLER, 2008).

### **3.8.1 *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae)**

O percevejo predador *Orius insidiosus* vem sendo eficazmente utilizado para o controle de tripes e ácaros em cultivos comerciais de flores, hortaliças em cultivos protegidos e em programas de manejo integrado de pragas (MIP) (MENDES et al., 2005).

*Orius insidiosus* (Figura 7) é um predador generalista, tendo sido relatado como predador em diferentes culturas, como milho e soja. Não apenas sua fase adulta, mas suas fases jovens (ninfas) também são observadas realizando a predação dos organismos, como tripes, pulgões e ácaros. Pesquisadores concluíram que a habilidade do percevejo *O. insidiosus* em suprimir os surtos de pulgões em soja depende da capacidade do predador em encontrá-los e matar um número suficiente, no início da infestação (RUTLEDGE; O'NEIL, 2005). Outra espécie pertencente ao gênero *Orius*, *O. laevigatus*, também é conhecida por seu potencial predatório em relação a tripes (como *F. occidentalis*) e ácaros-rajados (*T. urticae*) (VENZON; JANSSEN; SABELIS, 2002).



**Figura 7.** Indivíduos adultos de *O. insidiosus*.

Fonte: LEAL, M. B. (2022)

### 3.8.2 *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae)

Ácaros predadores generalistas pertencentes à família Phytoseiidae são importantes agentes de controle biológico para moscas-brancas, ácaros, pulgões e tripes em cultivos protegidos (KNAPP; HOUNTEN; HOOGERBRUGGE; BOLCKMANS, 2013; SABELIS; VAN RIJN, 1997). Dentre seus representantes, o ácaro *Amblydromalus limonicus* (Figura 8) é um predador já relatado se alimentando de moscas-brancas (*Bemisia tabaci*), tripes (*F. occidentalis*, *T. tabaci*, *Retithrips syriacus*), e ácaros tetraniquídeos (*T. urticae*, *T. cinnabarinus*, *Oligonychus punicae*, *Panonychus citri* e *Eutetranychus orientalis*) (McMURTRY; SCRIVEN, 1965; VAN HOUTEN et al., 1995, 2008; KNAPP et al., 2013).



**Figura 8.** Ácaros predadores *A. limonicus* criados em laboratório em diferentes fases do ciclo de vida (adulto e larval)

Fonte: LEAL, M. B. (2022)

### **3.9 Relações ecológicas associadas à predação**

Fatores biológicos como alimento, predadores e doenças, presentes no ambiente onde residem os organismos, interagem diretamente com o ambiente físico. As taxas de crescimento de populações e o modo como os indivíduos se ajustam dentro das mesmas são determinadas por fatores como sobrevivência e reprodução e, para que perdure a espécie, durante a reprodução os indivíduos precisam obter recursos suficientes para defesa de seu território, obter sucesso na atração de parceiros, produção de ovos e acúmulo de descendentes, já, para a sobrevivência, estes devem ser hábeis a tolerar os estresses físicos ambientais, evitando ser detectados e conseqüentemente predados por outros inimigos naturais. Plantas e animais fazem uso de diversas estruturas e comportamentos para obtenção de alimento e prospecção de sua espécie, evitando ser predados ou parasitados, como fatores biológicos e fisiológicos específicos que são manifestados em situação de perigo, tendo como exemplo, mudanças na conformação fisiológica ou corporal, alteração na coloração e modificação nos sons e odores emitidos pelo animal presa ou predador (RICKLEFS, 1996).

Todas as interações entre espécies são fundamentadas no consumo, tanto entre predadores e presas, parasitos e hospedeiros, quanto entre herbívoros e plantas, organizando séries de cadeias de consumidores. Toda interação envolve a adaptação de cada grupo, visando reduzir os efeitos negativos das interações, como a cooperação e coordenação, mutualismo, e novas adaptações que surgem em favorecimento de pelo menos uma das espécies envolvidas (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007).

Características que descrevem os predadores envolvem adaptação para perseguir, capturar e comer tipos particulares de presas, fazendo jus às formas de predação de cada indivíduo. Os organismos que são capazes de driblar os predadores possuem técnicas que evitam sua detecção, por meios químicos, estruturais, comportamentos defensivos e capacidade de fuga (RICKLEFS, 1996).

#### **3.9.1 Relações intraespecíficas e técnicas dispersivas dentro de uma mesma população**

Indivíduos da mesma espécie apresentam requisitos muito semelhantes para sua sobrevivência, crescimento e reprodução. Entretanto, a demanda em comum por algum determinado recurso pode exceder o suprido. Assim, os indivíduos competem pelo

recurso, e em algum momento, um deles acaba por ser favorecido, enquanto o outro, prejudicado. O termo “competição” pode ser definido como uma interação entre indivíduos, provocada por um requisito compartilhado para um recurso, e levando a uma redução na sobrevivência, crescimento e/ou a reprodução de pelo menos alguns dos indivíduos concorrentes. Entretanto, em muitos casos, indivíduos concorrentes evitam contato direto uns com os outros. Ao invés disso, tendem a responder, através de sua presença/ausência no ambiente, a um determinado recurso, podendo dispersar-se para manter a propagação de sua espécie em outros ambientes (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007).

A mobilidade de indivíduos dentro de uma população pode ser de diferentes tipos. Andrewartha (1961) e Mangel *et al.* (1986) nomeiam e subdividem os movimentos em três formas: propagação, dispersão e migração. A propagação seria o deslocamento dos indivíduos dentro do próprio habitat em busca de alimentos ou outros requisitos, sendo comum em todas as espécies, especialmente quando há altos índices populacionais em um mesmo local. A dispersão é o movimento que tem por consequência a remoção de certa porcentagem de indivíduos de uma área para outra, sendo incentivada pela procura de novos locais para sobrevivência e reprodução – esta pode ocorrer de forma natural, não havendo necessariamente fatores internos. Já a migração é o movimento feito pelos indivíduos de uma população para outra área, sendo essa mais favorável, seja em qualquer fase de sua existência ou ciclo de vida.

Johnson (1988) agregou a essa definição, sendo a migração o processo onde um indivíduo é levado de um habitat para outro, caracterizando-se como uma adaptação em relação ao habitat anterior. Diversos insetos que realizam migração participam do fenômeno conhecido como voo migratório, sendo caracterizado por apresentar direção controlada e persistência, além de ser independente de estímulos exteriores.

Ainda segundo o autor, existem diferentes classes de migração: a emigração sem retorno devido a curta vida dos adultos (exclusivamente realizado pelos adultos, ocorre logo após a emergência, à procura de novos locais para reprodução), emigração com retorno dos mesmos indivíduos durante a mesma estação (ocorre em espécies que não possuem condições de entrar em diapausa e migram para outra região para que possam se alimentar, completar seu desenvolvimento e ovipositar), e emigração para locais de diapausa e retorno pelos mesmos indivíduos após a diapausa (fêmeas voam enquanto sexualmente imaturas, e após a migração, retornam para a oviposição). Além de fatores como a competição por recursos, busca por parceiros ou novos habitats, condições

como temperatura, clima, umidade, radiação, luz, vento, gravidade, som, alimento e substrato influem nas taxas de migração e dispersão dos insetos (SILVEIRA NETO et al., 1976).

Também denominadas homotípicas, as relações intraespecíficas são interações entre os indivíduos de uma mesma espécie, e são subdivididas de acordo com características específicas às condições de habitat e recursos. São elas: o efeito de grupo (modificações encontradas em indivíduos de uma mesma população devido a estímulos recebidos pelo seu estado de agrupamento, se traduzindo em alterações morfológicas e fisiológicas, afetando seu comportamento, crescimento e reprodução; estes estímulos geralmente são originados por impulsos sensoriais e hormonais), o efeito de massa (causados pela superpopulação em um mesmo ambiente, tendo como reflexos, por exemplo, o aumento da temperatura, redução da taxa de oxigênio, excesso de excrementos, dentre outros), a influência intraespecífica (influência dos próprios organismos de uma espécie no aumento populacional dentro de uma mesma espécie, podendo se manifestar de duas formas: luta por território – geralmente realizada por casais em época reprodutiva para manter áreas “reservadas” para a propagação da espécie, e luta hierárquica – quando indivíduos mais velhos destroem os mais novos, ocorrendo o canibalismo), e o efeito da densidade (quando a densidade populacional possui um papel decisivo no aumento populacional, podendo causar efeitos negativos quando muito baixa – subpopulação, e/ou quando muito alta – superpopulação) (SILVEIRA NETO et al., 1976).

### **3.9.2 Relações interespecíficas**

Essencialmente, a competição interespecífica ocorre quando os indivíduos de uma das espécies sofrem uma redução na fecundidade, crescimento ou sobrevivência como resultado da exploração de recursos ou interferência de indivíduos de outra espécie. A competição acaba por afetar a dinâmica com que a população interage com as espécies competidoras, corroborando por influenciar a maneira como ambas as espécies se distribuem no ambiente, bem como sua evolução (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007).

Populações de duas espécies podem interagir de formas neutra (representada por zero [0]), negativa (-) e positiva (+), podendo estas se combinarem em 00, --, ++, +0, -0 e +-, sendo três (++, -- e +-) dessas subdivididas em nove interações. São classificadas

em (1) *neutralismo*, onde nenhuma das populações é afetada pela presença da outra; (2) *inibição mútua por competição*, na qual ambas as populações se inibem; (3) *competição pela utilização de recursos*, havendo prejuízo em ambas às populações por conta da disputa por recursos escassos; (4) *amensalismo*, sendo uma população inibida enquanto não há alterações sofridas pela outra; (5) *parasitismo*, havendo prejuízo em uma juntamente à vantagem para outra população, e (6) *predação*, nas quais a população afeta negativamente, prejudicando a outra seja por ataque direto ou dependência; (7) *comensalismo*, onde uma população é beneficiada e a outra não sofre alterações; (8) *protocooperação*, na qual ambas as populações são beneficiadas, dada a associação, mesmo que suas relações não sejam obrigatórias; e (9) *mutualismo*, situação na qual o crescimento e a sobrevivência de ambas são favorecidos, e a sobrevivência em condições naturais depende da presença da outra população (ODUM, 2001).

### **3.9.3 Competição interespecífica ou competição pelo nicho**

A competição interespecífica ou pelo nicho se refere à interação de dois organismos que lutam por algo que não corresponde às necessidades de ambos. O nicho ecológico é definido, por si próprio, como sendo a necessidade total dos indivíduos para seus processos vitais – não apenas ao espaço físico ocupado, mas também seu lugar na comunidade, recursos energéticos, período de atividade, nutrientes, dentre outros. Quando existem duas ou mais espécies intimamente relacionadas e adaptadas ao mesmo nicho, a competição interespecífica ocorre de maneira importante (SILVEIRA NETO et al., 1976).

Como consequência da competição, ocorre a substituição de uma espécie pela outra, forçando-a a ocupar outro local, utilizar diferentes recursos e outras condições. Existem casos onde, de acordo com certas condições (como ambientes externos de abrigo), as duas espécies podem conviver em equilíbrio populacional, mas com baixa densidade de indivíduos (SILVEIRA NETO et al., 1976).

Gause (1934) elaborou o que é conhecido hoje como Princípio de Gause, ou princípio da exclusão competitiva, no qual pontua que um nicho ecológico não pode ser completo e simultaneamente ocupado por populações estabilizadas, de mais de uma espécie. Ou seja, quando duas espécies possuem o mesmo nicho, a mais bem adaptada desloca ou elimina a outra.

Dentre as classes de competição, de acordo com Philip (1955), a competição pode ser analisada de acordo com três diferentes formas: competição imperfeita (quando o efeito interespecífico é menor que o intraespecífico – não chega a eliminar completamente uma espécie), competição perfeita (quando o efeito interespecífico é dominante, e uma das espécies é obrigatoriamente eliminada, juntamente a um aumento da população mais bem adaptada), e competição hiper perfeita (quando a eliminação é efetiva e imediata) (SILVEIRA NETO et al., 1976).

### **3.10 Predação e sua decorrente fluutuabilidade populacional**

O papel dos predadores como reguladores de herbívoros (suas presas) é grande. De acordo com Silveira Neto et al. (1976), é possível considerar três possibilidades na interação presa-predador. Primeiramente, quando o predador é altamente limitante ao ponto de reduzir a presa à extinção ou quase extinção em sua totalidade; nesse caso, é comum ocorrerem muitas oscilações entre as densidades de populações de presas e predadores, caso o predador tenha sua presa como alimento exclusivo. Em segundo lugar, o predador pode atuar como um regulador, ajudando a manter a densidade populacional da presa em estado de equilíbrio. E por fim, o predador não podendo ser nem limitante nem regulador.

Existem, segundo os autores, dois princípios que permeiam essa forma de interação: a relação com o grau de vulnerabilidade e a relação entre predador-presa como um histórico evolutivo comum. O grau de vulnerabilidade da presa em relação ao predador é um fator que é relacionado diretamente à capacidade predatória. Para o predador, sua ação predatória dependerá da quantidade de energia que o mesmo terá que desprender para que haja a procura e a captura da presa, de acordo com sua densidade no local. No entanto, para a presa, depende do sucesso dos indivíduos em conseguirem evitar o encontro e serem comidos pelo predador. Com relação à redução dos efeitos limitantes da predação e ao aumento dos efeitos de regulação, entende-se que, quando as populações em questão se interagem, porém, participam de uma mesma história evolutiva em um habitat estável, a seleção natural tende a reduzir seus efeitos deletérios na população.

A relação de predação deve ser encarada em nível de população, e não de indivíduo-específico, uma vez que os predadores não são benéficos aos indivíduos que eles predam, porém, podem ser benéficos à população da presa como um todo, uma vez

que, um nível adequado de predação e de redução na densidade populacional, que se encontra em demasia e/ou que não possui autorregulação, acaba por ser necessária e benéfica. Entende-se que, quando o homem, através da utilização de processos não-naturais, remove o mecanismo de controle natural, é necessário que o substitua por um mecanismo regulador eficiente da mesma forma, se quiser evitar processos de oscilações populacionais (SILVEIRA NETO et al., 1976).



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Origem e identificação dos insetos e ácaros

Os percevejos da espécie *O. insidiosus* foram gentilmente doados (em julho de 2022) por Reinaldo Almeida, sendo procedentes de uma criação (não comercial) do inseto predador, mantida no Sítio Bela Paisagem, no município de Taguaí, no estado de São Paulo. A finalidade da criação do predador era para o controle biológico de tripes em cultivo protegido de pimentão.

Os tripes da espécie *F. occidentalis* foram coletados em cultivo comercial de pimentão, no município de Campinas, SP, em 2022. Os insetos foram identificados pela Professora Dra. Elisa Aiko Miyasato, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG).

Os ácaros fitófagos (*T. urticae*) e predadores (*A. limonicus*) foram procedentes das criações de ácaros mantidas no Laboratório de Acarologia do Instituto Biológico, em Campinas, SP. A confirmação da identificação dos ácaros foi realizada pelo Dr. Jeferson Luiz de Carvalho Mineiro (Instituto Biológico).

### 4.2 Criação dos predadores

Os predadores utilizados no presente trabalho foram criados em laboratório, seguindo-se os procedimentos descritos a seguir.

#### 4.2.1 *Orius insidiosus*

Os percevejos foram mantidos em condições controladas de temperatura ( $25 \pm 5^\circ\text{C}$ ) e umidade relativa do ar ( $70 \pm 10\%$ ). A metodologia utilizada foi semelhante à descrita por Mendes *et al.* (2005, 2012).

Inicialmente, os indivíduos adultos foram colocados em recipientes plásticos cobertos por tecido *voil*, preso por elástico. Dentro do recipiente de criação, foram colocados pequenos pedaços de papel toalha para aumentar as áreas de abrigo e reduzir as taxas de canibalismo, bem como diminuir a condensação de água dentro do ambiente de criação.

Como substrato para oviposição foram utilizadas inflorescências de picão-preto (*Bidens pilosa* L. (Asteraceae)), envoltas na base com tira de algodão umedecido (Figura 9), sendo trocadas duas vezes na semana. Ovos inviáveis de *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) - mantidos em freezer - foram utilizados para alimentação dos predadores.

As inflorescências, após a exposição às fêmeas de *O. insidiosus* para oviposição, foram retiradas da gaiola de criação, envoltas em papel toalha e transferidas para novas gaiolas, chamadas de “berçários”, onde houve a eclosão das ninfas do inseto predador. Os insetos dessa nova geração foram transferidos do berçário para uma gaiola de criação, dando continuidade à criação do inseto predador.



**Figura 9.** Criação de *O. insidiosus* em laboratório.

Fonte: LEAL, M. B. (2022)

#### **4.2.2 *Amblydromalus limonicus***

A criação foi feita a partir de ácaros predadores coletados de plantas de framboesa, em Campos do Jordão, SP, em 2010. Arenas artificiais constituídas de um prato plástico descartável de coloração escura (marrom, preta, azul) com 15 centímetros de diâmetro, de superfície não-lisa (apresentando listras e ranhuras no plástico), foram utilizadas para a criação de *A. limonicus*. Cada arena (prato descartável) foi colocada sobre uma camada de espuma de poliuretano com 1 cm de espessura, mantida

encharcada com água, no interior de uma bandeja plástica de 22 cm de diâmetro, Ao redor da arena (prato plástico) foi colocada uma tira de algodão umedecido, para evitar a fuga dos ácaros (Figura 10).

Os ácaros predadores foram alimentados com pólen de mamona (*Ricinus communis* (Euphorbiaceae)) e ácaro-rajado (*T. urticae*). Os ácaros predadores eram transferidos para novas arenas de criação, a cada duas semanas, devido ao aumento na presença de fungos e outros organismos indesejáveis nas arenas de criação.

Nas arenas de criação também foi colocada vermiculita (umedecida), de granulometria média, bem como cascas de arroz, para servirem de abrigo e local de oviposição para os ácaros predadores.

A adição de vermiculita e/ou casca de arroz nas arenas de criação foram muito favoráveis à multiplicação de *A. limonicus*, reduzindo consideravelmente as taxas de predação (canibalismo) das larvas pelos adultos do ácaro predador.



**Figura 10.** Criação de *A. limonicus* em laboratório

Fonte: LEAL, M. B. (2022)

### 4.3 Criação dos artrópodes fitófagos

#### 4.3.1 *Frankliniella occidentalis*

Os tripses foram criados em plantas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L. (Fabaceae)) cultivadas em vasos e mantidas no interior de gaiolas cobertas com telas de tecido *voil* (Figura 11). Adicionou-se pólen de mamona (*Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae)) para servir de alimento aos insetos. Os vasos foram colocados sobre uma grade de aço, sobre uma camada de areia fina lavada, para servir de local para o desenvolvimento das pré-pupas e pupas do inseto. As plantas foram trocadas a cada duas semanas.



**Figura 11.** Criação de *F. occidentalis* em plantas de feijão-de-porco em laboratório.

Fonte: LEAL, M. B. (2022)

### 4.3.2 *Tetranychus urticae*

Os ácaros-rajados (*T. urticae*) foram criados em plantas de feijão-de-porco (*C. ensiformis*) cultivadas em vasos, mantidas em bandeja plástica. As plantas foram substituídas semanalmente, para manter a densidade populacional do ácaro em níveis não muito elevados, sem a presença de teias nas plantas (Figura 12).



**Figura 12.** Criação de *T. urticae* em laboratório.

Fonte: LEAL, M. B. (2022)

#### 4.4 Estudos de predação de *O. insidiosus* e *A. limonicus* sobre ácaro-rajado

##### 4.4.1 Capacidade de predação de *O. insidiosus* sobre ácaro-rajado

Os testes de capacidade de predação de *O. insidiosus* sobre ácaro-rajado foram realizados em placas de Petri, transparente, de 60x15mm. O fundo das placas foi coberto por uma camada de ágar-água a 1% solidificada, onde foi disposta uma folha de feijão-de-porco (*C. ensiformis*) com a superfície abaxial voltada para cima (Figura 13). As arenas foram cobertas por filme PVC transparente, para evitar a fuga dos insetos e ácaros. Os ácaros-rajados foram transferidos diretamente da criação em laboratório para as arenas de teste.

Foram utilizados ovos e fêmeas adultas de *T. urticae* para os testes de predação. Para a obtenção dos ovos, fêmeas de ácaro-rajado foram mantidas em arenas de folha por 24 h para oviposição. No dia seguinte, os adultos foram retirados e os ovos foram contabilizados até as densidades pretendidas, sendo excluídos da arena de teste os excedentes.

Em cada arena de folha, contendo ovos ou fêmeas adultas de *T. urticae*, em diferentes densidades populacionais, foi colocada uma fêmea adulta de *O. insidiosus*. Também foram adicionadas, uma lamínula plástica transparente com fios de algodão (Figura 13) e algumas cascas de arroz, visando servir de local de abrigo e/ou oviposição para o predador, para minimizar o comportamento de fuga do predador.

As proporções de predador: presa (*O. insidiosus* : *T. urticae*) em cada arena foram de 1:5, 1:10, 1:20, 1:40 e 1:80. Foram utilizadas as mesmas densidades populacionais de presas, tanto nos testes com ovos quanto nos testes com adultos de *T. urticae*.

Os tempos de avaliação, a partir da introdução do predador nas arenas, foram de 1, 2, 4, 24 e 48h, com a contagem dos ácaros (ovos e adultos) predados e reposição dos mesmos em cada avaliação, visando à manutenção da densidade populacional do ácaro fitófago em cada arena. Foi observado, também, o possível comportamento de fuga dos organismos envolvidos. O experimento foi inteiramente casualizado com 20 repetições. As primeiras 24h foram descartadas, uma vez que pode haver influência da alimentação prévia no comportamento de predação de *O. insidiosus*.

O experimento foi conduzido em salas climatizadas a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $70 \pm 10\%$ .



**Figura 13.** Arenas de teste utilizadas para avaliar a predação de *O. insidiosus* sobre *T. urticae* em laboratório.

Fonte: LEAL, M. B. (2022)

#### 4.4.2 Capacidade de predação de *A. limonicus* sobre ácaro-rajado

Para avaliar a capacidade de predação do ácaro fitoseídeo *A. limonicus* sobre *T. urticae*, utilizou-se a mesma metodologia descrita no item anterior (4.4) para *O. insidiosus*, porém, substituindo-se o percevejo predador por uma fêmea adulta de *A. limonicus*, colocada em cada arena de teste.

#### 4.4.3 Análise estatística dos dados de predação

Os dados de predação (para *O. insidiosus* e *A. limonicus*) foram submetidos à análise de Shapiro-Wilk para avaliação da distribuição normal dos dados.

Considerando-se que houve distribuição normal dos dados de predação para as duas espécies de predador, para as diferentes fases de ácaro-rajado (ovo, adulto) avaliadas como presa ( $p < 0,0098$ ), eles foram submetidos à análise de variância (Oneway ANOVA), comparando-se posteriormente as médias pelo teste *t* (LSD) a 5% de significância.

Foram realizadas, também, análises de regressão linear entre as densidades de presas oferecidas e o número de ácaros predados por fêmea do predador por dia.

#### 4.5 Oviposição de *A. limonicus* quando alimentado com ácaro-rajado e pólen

- **Tratamento 1.** Oviposição de *A. limonicus* sob a alimentação exclusiva a *T. urticae*

Concomitantemente aos testes de predação do ácaro predador, foram realizados experimentos para avaliar a capacidade de oviposição das fêmeas de *A. limonicus*, oferecendo-se exclusivamente fêmeas adultas de *T. urticae* como alimento. O experimento foi realizado utilizando-se a mesma arena de teste de predação descrita anteriormente (item 4.4). Em cada arena de folha foram colocadas 100 fêmeas adultas de ácaro-rajado, juntamente com uma fêmea adulta de *A. limonicus*. As densidades de presas foram mantidas constantes ao longo do experimento.

As contagens do número de ovos (Figura 14) por fêmea de *A. limonicus* foram realizadas a cada 24 horas, por um período de cinco dias. Os dados de oviposição das primeiras 24 h foram desconsiderados, devido à possível influência da alimentação prévia ao experimento. O experimento foi repetido 20 vezes.





**Figura 14.** Ovo de *A. limonicus* (à esquerda) em arena de teste.

Fonte: LEAL, M. B. (2022)

## **Tratamento 2.** Oviposição de *A. limonicus* sob a alimentação de *T. urticae* e pólen de mamona

Com o objetivo de avaliar se a presença de um alimento alternativo (pólen de mamona) interferiria na oviposição de *A. limonicus*, foram repetidos os mesmos experimentos de oviposição com *T. urticae*. Entretanto, juntamente com os ácaros-rajados foram colocadas lamínulas plásticas transparentes (2 cm x 2 cm), com pólen de mamona (*R. communis*) (na superfície das lamínulas). As observações também foram realizadas diariamente, durante 5 dias, descartando-se também os dados das primeiras 24h.

O experimento foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e 20 repetições.

### **4.5.1 Análise estatística dos dados de oviposição**

Os dados de oviposição de *A. limonicus* foram submetidos à análise de Shapiro-Wilk para avaliação da normalidade da distribuição normal dos dados. Como foi observada distribuição normal dos dados de oviposição, para os dois tratamentos avaliados (com e sem adição de pólen) ( $p < 0,0091$ ), eles foram submetidos à análise de variância (Oneway ANOVA), comparando-se posteriormente as médias pelo teste  $t$  (LSD) a 5% de significância.

#### 4.6 Estudos de competição e predação entre espécies

Foram realizados estudos em laboratório para analisar o desempenho de predação de ácaro-rajado (adultos), para duas espécies de predadores (*O. insidiosus* e *A. limonicus*), colocadas ao mesmo tempo, em uma arena de teste de predação. A estrutura dos experimentos se manteve a mesma realizada durante os outros testes, utilizando-se também as placas de Petri cobertas por PVC, havendo a presença de lamínulas com algodão e cascas de arroz para simular ambientes de fuga e esconderijos (Figura 15).



**Figura 15.** *Orius insidiosus* (circulado em azul) e *A. limonicus* (circundado em vermelho) em uma mesma arena, com presença de casca de arroz.

Fonte: LEAL, M. B. (2022)

#### **4.6.1 Testes em arenas com presença de *O. insidiosus*, *A. limonicus* e fêmeas adultas de ácaro-rajado**

Para avaliar o comportamento dos predadores em conjunto, foi conduzido um experimento, com cinco repetições, em arenas de teste de predação, seguindo o mesmo padrão utilizado nos experimentos anteriores, por um período de 48h. Não foram descartadas as primeiras 24h, pois um dos objetivos foi observar alguns aspectos comportamentais associados à interação entre dois predadores e o ácaro fitófago (presa). Nesse caso, também foram colocadas cascas de arroz e lamínulas com fios de algodão, para servirem de locais de abrigo e/ou oviposição para os predadores e ácaro-praga, nas arenas de teste.

Foram colocadas duas espécies de predadores juntamente com ácaro-rajado, nas seguintes proporções: 1 percevejo *O. insidiosus* : 5 ácaros *A. limonicus*, para diferentes densidades populacionais (5, 10, 20, 40 e 80) de ácaro-rajado por arena. A escolha dessas densidades e proporções de organismos nas arenas foi baseada nas diferenças de tamanho dos organismos (principalmente entre o percevejo e o ácaro predador), bem como na capacidade de alimentação das espécies de predadores envolvidas.

Alguns parâmetros considerados durante avaliação dos experimentos foram:

1. Comportamento de *T. urticae* na presença dos predadores
2. Comportamento de *A. limonicus* na presença de *O. insidiosus*
3. Comportamento de *O. insidiosus* na presença de *A. limonicus*
4. Predação de *A. limonicus* sobre *T. urticae* na presença de *O. insidiosus*
5. Predação de *O. insidiosus* sobre *T. urticae* na presença de *A. limonicus*
6. Predação de *O. insidiosus* sobre *A. limonicus*

#### **4.6.2 Análise estatística dos dados de predação nos experimentos de competição entre espécies**

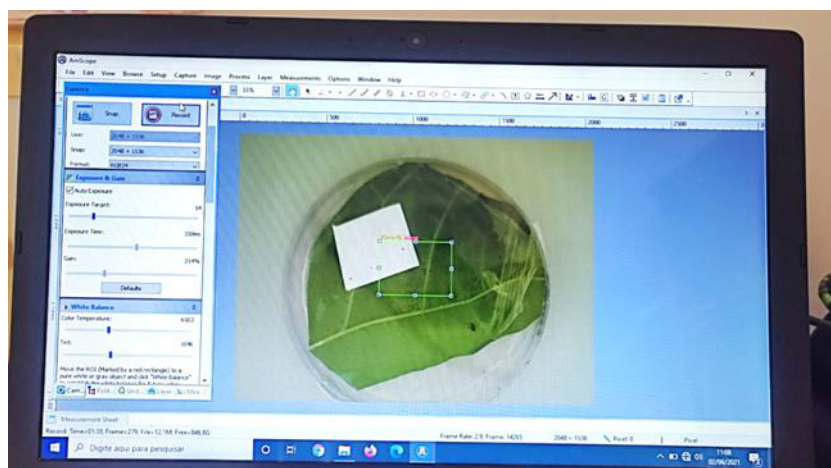
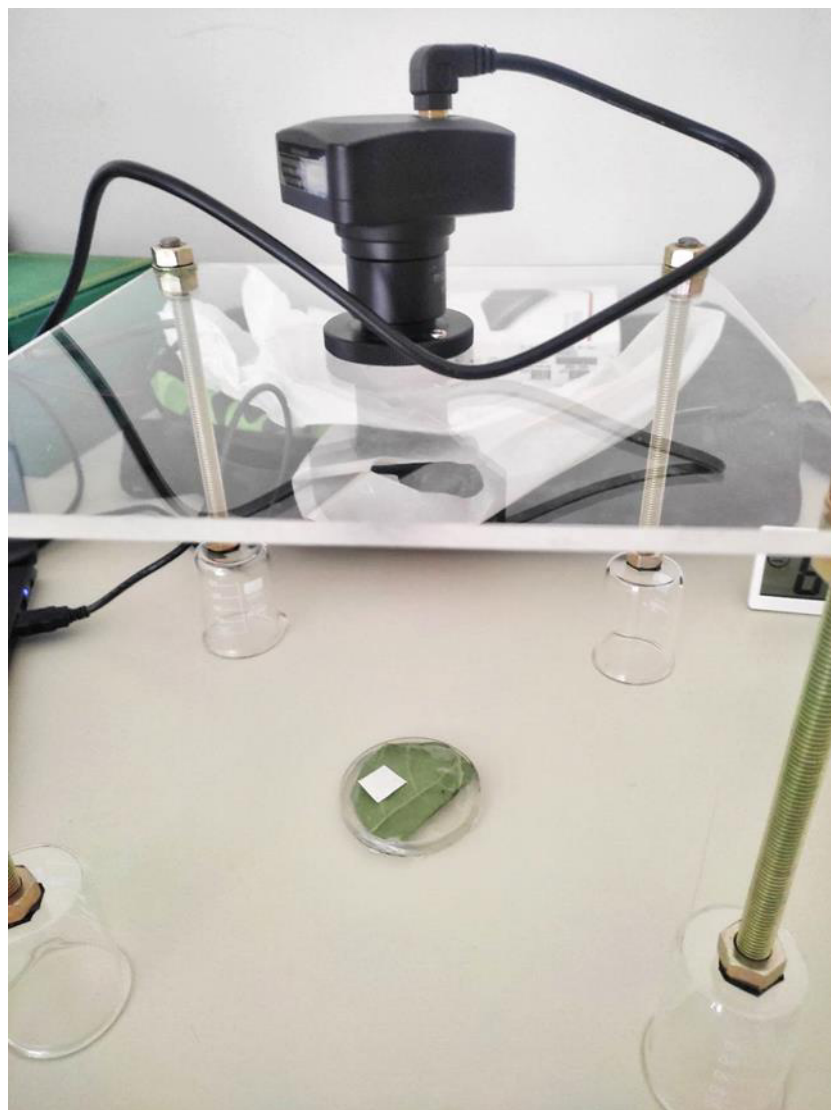
Os dados de predação de fêmeas adultas de ácaro-rajado nos tratamentos com *O. insidiosus* e *A. limonicus* e misturas de espécies de predadores foram submetidos à análise de Shapiro-Wilk para avaliação da distribuição normal dos dados.

Considerando-se que não houve distribuição normal dos dados de predação, para algumas densidades populacionais de presas ( $p > 0,05$ ), os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis, comparando-se posteriormente as médias pelo método de Dunn a 5% de significância.

### **4.6.3 Estudos de comportamento de predação de *O. insidiosus* utilizando-se vídeo-filmagem**

As arenas de teste de predação foram dispostas sob uma câmera específica, conectada a um computador (Figura 16). As gravações foram realizadas durante 15 (quinze) minutos. O aplicativo AmScope foi utilizado na gravação de alguns dos experimentos, para posterior análise de imagens utilizando-se o software EthoVision, disponibilizado pelo computador remoto da ESALQ-USP. O software foi gentilmente cedido para uso pelo Prof. Dr. Wesley Godoy (ESALQ, USP).

Foram realizadas gravações para compreender melhor o comportamento de caminamento (velocidade média, distância percorrida) dos predadores na presença de diferentes densidades populacionais de artrópodes presas. O predador considerado nos testes foi *O. insidiosus*. O percevejo, por conta do seu tamanho em relação à sua presa (*T. urticae*), seria facilmente identificado pelo software. Para avaliar o comportamento do predador, foram consideradas três diferentes densidades populacionais de ácaro-rajado nas arenas de teste: 20, 40 e 80 fêmeas adultas de *T. urticae* por arena.



**Figura 16.** Vista da arena para o estudo de comportamento de predação, utilizando-se o programa AmScope.

Fonte: LEAL, M. B. (2022)

## 4.7 Estudos de liberação de ácaros predadores em campo

Para avaliar o impacto da presença de um predador natural, além do ambiente controlado em laboratório, foram realizados estudos de liberação do ácaro fitoseídeo *A. limonicus* em campo. Tendo em vista que os testes em laboratório envolvendo *A. limonicus* e *T. urticae* foram realizados, considerou-se interessante avaliar o seu comportamento predatório também seja avaliado em condições de campo (ambiente aberto), na presença de outros organismos e diferentes condições ambientais.

No ambiente de campo existem inúmeras influências externas, como variações de temperatura e umidade relativa, presença de outros predadores naturais e outras espécies de insetos e ácaros fitófagos, existência de ambientes para fuga e esconderijo, além da influência das diferentes estratégias de manejo das culturas, incluindo ou uso de inseticidas e acaricidas químicos para o controle de praga.

### 4.7.1 Experimentos em cultivo de pimentão

#### 4.7.1.1 Experimento 1

O experimento de liberação dos ácaros predadores foi realizado em cultivo comercial de pimentão, em estufas (cultivo protegido), Fazenda Monte D'este (Reserva do Chef), em Campinas, SP, no período de 17 a 31 de outubro de 2022. Algumas estufas de pimentão foram escolhidas para a liberação dos predadores da espécie *A. limonicus*, devido à alta infestação de pragas, principalmente de ácaro-rajado (*T. urticae*), tripes (*Frankliniella* spp.) e mosca-branca (*B. tabaci*).

Os experimentos foram realizados em três diferentes estufas com cultivo de pimentão, nomeadas de 9, 10 e 11. A estufa 9 foi selecionada como controle (ou testemunha), onde só foi utilizado o controle usual do produtor através de agroquímicos. No caso das estufas 10 e 11, foram liberados 2.000 (dois mil) ácaros predadores (*A. limonicus*) por estufa no início do experimento.

Em cada estufa, foram selecionadas três fileiras de pimentão, com aproximadamente 12 metros de comprimento (espaçamento entre linhas de 1 m e entre plantas de 0,4 m), para a condução da pesquisa. Os ácaros predadores foram liberados em tubos *falcon* (Figuras 17 e 18), colocados sobre as plantas de pimentão na área experimental.

As avaliações foram realizadas nas nove plantas selecionadas, aos: 0 (dia da liberação), 1, 3, 7 e 14 dias após a liberação dos predadores. Em cada avaliação foram consideradas três diferentes observações dentro da mesma planta (O1, O2 e O3), sendo O1 um ponto de análise próximo ao solo (30 cm do solo), O2 na parte mediana da planta (1,0 m do solo), e O3 na parte alta das plantas (1,5 m do solo). Em cada posição (O1, O2 e O3) da planta foi analisada uma folha de pimentão, totalizando três folhas por planta, e 27 folhas avaliadas por estufa, em cada data de avaliação. As folhas foram utilizadas para a contagem de ácaro-rajado e mosca-branca.

Para o monitoramento da infestação de tripes, foram observadas três flores de pimentão por planta (27 flores por estufa), normalmente das posições mediana (O2) e alta (O3) das plantas, em cada avaliação.



**Figura 17.** Estufa de pimentão infestada por pragas, onde foram liberados os ácaros predadores da espécie *A. limonicus*.

Fonte: LEAL, M. B. (2022)



**Figura 18.** Liberação dos ácaros predadores em tubos falcon (na imagem à esquerda, uma tampa do tubo infestada por ácaros-rajados).

Fonte: LEAL, M. B. (2022)

As avaliações foram realizadas em campo, utilizando-se lupa de bolso (conta fios) com aumento de 20 vezes. Foram também realizadas coletas de amostras de folhas e flores, e levadas ao laboratório para observação em microscópio estereoscópico (aumento de até 60 vezes). Os ácaros (e tripes adultos) encontrados nas amostras foram transferidos para frascos contendo álcool (70%), para posterior montagem dos espécimes em lâminas de microscopia para identificação.

Para cada observação (data de avaliação), foram analisados os seguintes parâmetros:

1. Densidades populacionais de ácaro-rajado e mosca-branca (ovos e adultos), sendo classificadas em: zero, baixa, média ou alta infestação;
2. Quantidade de adultos de tripes;
3. Quantidade de larvas de tripes.
4. Presença de ácaros predadores e outros inimigos naturais.

Foram classificados em “zero”, “baixo”, “médio” e “alto”, o nível de infestação dos seguintes organismos-praga: ácaro-rajado (*T. urticae*) e mosca-branca (*B. tabaci*), sendo o “zero”: nenhum indivíduo encontrado; “baixo”: de 1 a 5 indivíduos por folha, “médio”: de 6 a 10 indivíduos por folha; e “alto”: acima de 10 indivíduos observados por folha.



Para fins de análise estatística e interpretação dos resultados, foram utilizados valores médios de cada intervalo, da seguinte maneira (Tabela 1):

**Tabela 1.** Escala de conversão para dados numéricos sobre o nível de infestação de ácaro-rajado e moscas-brancas em cultivo protegido de pimentão.

Nível de infestação	Valor utilizado para as análises estatísticas
“zero” (nenhum indivíduo encontrado)	0 (zero)
“baixo”: de 1 a 5 indivíduos	3 (três)
“médio”: de 6 a 10 indivíduos	8 (oito)
“alto”: acima de 10 indivíduos	12 (doze)

Foram contabilizados os indivíduos em suas diferentes fases: ovos, larvas, ninfas e adultos. Para avaliar os tripes, as larvas e os adultos foram contabilizados individualmente e de forma separada, em cada uma das avaliações do experimento.

#### 4.7.1.2 Experimento 2

Foi conduzido um segundo experimento, seguindo os mesmos procedimentos do Experimento 1, no período de 07 a 21 de novembro de 2022, nas mesmas estufas utilizadas no experimento anterior.

#### 4.7.2 Análise estatística dos dados dos experimentos em cultivos de pimentão

Os dados de infestação de *T. urticae*, *Frankliniella* sp. e *B. tabaci*, em plantas de pimentão com e sem liberação de *A. limonicus* foram submetidos à análise de Shapiro-Wilk para avaliação da normalidade da distribuição dos dados. Como foi verificada distribuição normal dos dados de infestação de pragas, para os dois experimentos em estufa ( $p < 0,05$ ), os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), comparando-se posteriormente as médias pelo teste *t* (LSD) a 5% de significância.

#### **4.8 Custo de produção de *A. limonicus* e viabilidade econômica**

Tendo em vista que a utilização de predadores disponíveis no comércio representa uma tecnologia viável para o controle biológico de pragas, a proposta de liberação de ácaros predadores da espécie *A. limonicus*, em associação ou não com *O. insidiosus*, pode representar uma nova alternativa aos pesticidas químicos, para controle de tripes e ácaros-pragas em diferentes culturas agrícolas. Dessa forma, o presente trabalho incluiu a realização de uma análise para estimar custos de produção e possíveis benefícios associados ao uso desses inimigos naturais em cultivos agrícolas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Estudos de predação de *O. insidiosus* e *A. limonicus* sobre ácaro-rajado

Os resultados indicam diferenças significativas na capacidade de predação de ácaro-rajado, entre as duas espécies de predadores avaliadas (Tabela 2).

Os maiores valores de predação foram observados para *O. insidiosus*, que chegou a predar 79,2 adultos de *T. urticae* por fêmea adulta por dia (Figura 19), diferindo significativamente de *A. limonicus*, que apresentou números de até 30,3 adultos de *T. urticae* por fêmea adulta por dia (Figura 20), para a maior densidade de presas (80 ácaros por arena) oferecidas ao ácaro predador (Tabela 2).

*Orius insidiosus* apresentou maior capacidade de predação de adultos de *T. urticae* em relação aos ovos do ácaro-praga, para todas as densidades populacionais avaliadas (Tabela 2).

No caso de *A. limonicus*, não foram observadas diferenças significativas entre os números de ovos e adultos de ácaro-rajado predados, para as diversas densidades populacionais da presa avaliadas (Tabela 2).

As duas espécies de predadores (*A. limonicus* e *O. insidiosus*) apresentaram valores semelhantes de predação de ovos de *T. urticae*, para todas as densidades de ovos por arena avaliadas (Tabela 2).



**Figura 19.** Adulto de *O. insidiosus* predando fêmea adulta de ácaro-rajado.

Fonte: LEAL, M. B. (2022)



**Figura 20.** Fêmea adulta de *A. limonicus* predando fêmea adulta de *T. urticae*.

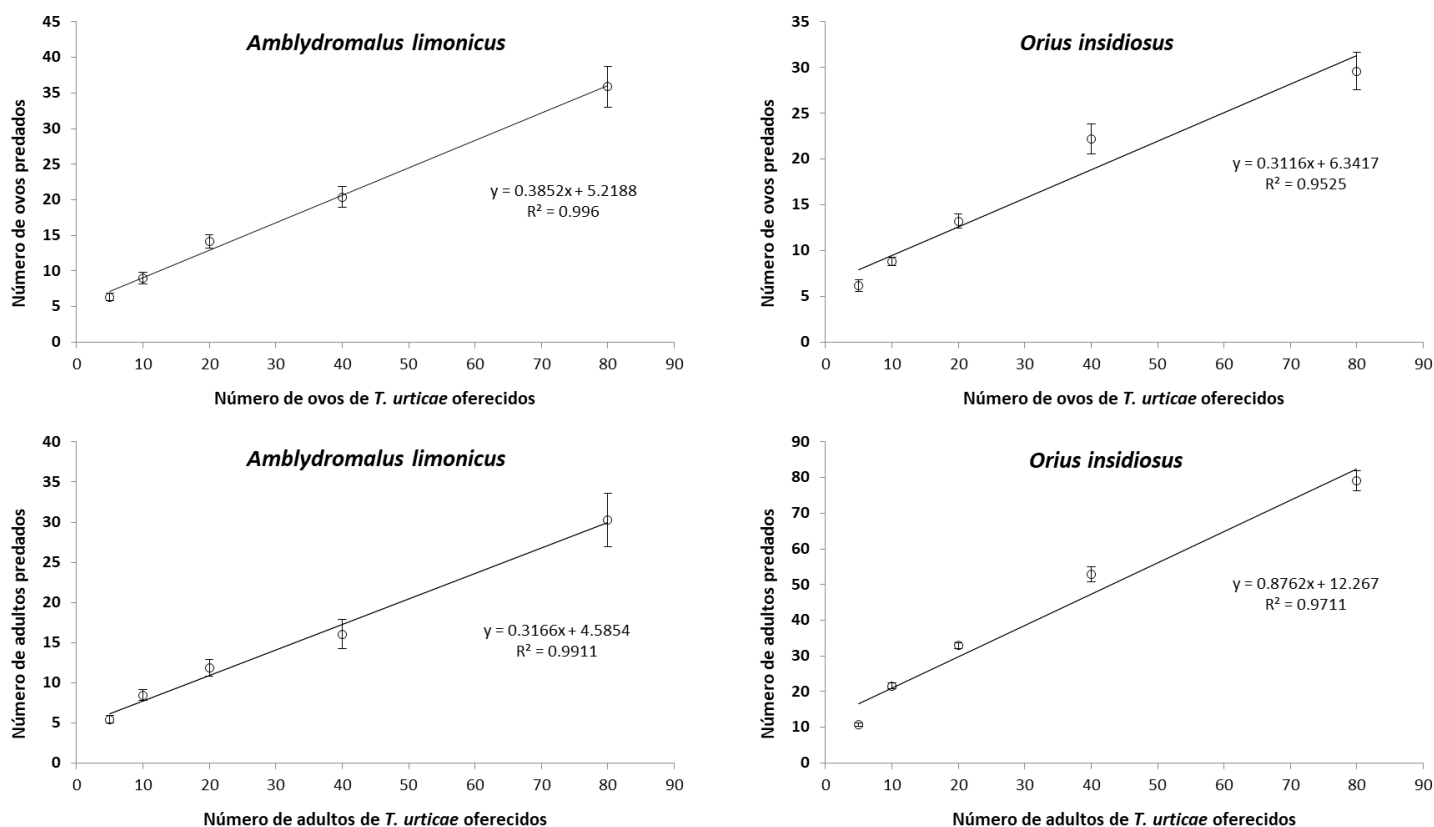
Fonte: LEAL, M. B. (2022)

**Tabela 2.** Número (média  $\pm$  EP) de ovos e adultos de *T. urticae* predados por fêmea adulta de *A. limonicus* ou *O. insidiosus*, em 24 horas, em arenas de folha de feijão-deporco, a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $70 \pm 10\%$ .

Densidade de presas por arena	<i>A. limonicus</i> (Ovos)	<i>A. limonicus</i> (Adultos)	<i>O. insidiosus</i> (Ovos)	<i>O. insidiosus</i> (Adultos)
5	6,35 $\pm$ 0,51 a A*	5,45 $\pm$ 0,52 a A	6,20 $\pm$ 0,64 a A	10,75 $\pm$ 0,45 a B
10	9,00 $\pm$ 0,87 a A	8,45 $\pm$ 0,67 ab A	8,80 $\pm$ 0,45 a A	21,55 $\pm$ 0,80 b B
20	14,15 $\pm$ 0,96 b A	11,80 $\pm$ 1,04 bc A	13,20 $\pm$ 0,78 b A	32,90 $\pm$ 0,81 c B
40	20,40 $\pm$ 1,43 c AB	16,05 $\pm$ 1,85 c A	22,20 $\pm$ 1,66 c B	52,80 $\pm$ 2,12 d C
80	35,90 $\pm$ 2,88 d A	30,25 $\pm$ 3,34 d A	29,60 $\pm$ 2,05 d A	79,15 $\pm$ 2,78 e B

\*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas entre linhas (densidades de presas) e maiúsculas entre colunas (tratamentos: espécie do predador e fase de vida da presa), não diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância.

Foram observadas correlações positivas e significativas entre o número de ácaros (ovos e adultos) *T. urticae* oferecidos por arena e o número de ácaros consumidos (predados) pelas duas espécies de predadores (*A. limonicus* e *O. insidiosus*) (Figura 21), indicando que o ácaro-rajado é uma presa de interesse para as duas espécies de predadores, e que os dois predadores podem contribuir para o controle biológico do ácaro-praga.



**Figura 21.** Regressão linear entre o número de ácaros (ovos ou adultos) *T. urticae* oferecidos por arena e o número de ácaros consumidos (predados) por *A. limonicus* e *O. insidiosus* em arenas de feijão-de-porco.

Embora não tenham sido observadas diferenças significativas nos índices de predação de *A. limonicus* sobre ovos e adultos de *T. urticae*, McMurtry e Rodriguez (1987) reportaram que os ovos podem ser preferidos por alguns predadores, de acordo com o valor nutricional das presas, em comparação ao gasto energético, entretanto, esse fator parece ser de importância menor. Xiao, Osborne e McKenzie (2013) analisaram as preferências de estágios de *T. urticae* para os ácaros fitoseídeos *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *A. swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) e não detectaram grandes diferenças nas taxas de predação para os diferentes estágios de vida do ácaro fitófago.

Não há muitos relatos na literatura sobre a predação direta do ácaro fitoseídeo *A. limonicus* sobre o ácaro-rajado *T. urticae*. Yang et al. (2019), estudaram as preferências de presa, reprodução e desenvolvimento do fitoseídeo *A. tsugawai* Ehara (Acari: Phytoseiidae) em relação a *T. urticae* e *B. tabaci*. Os bioensaios foram semelhantes aos

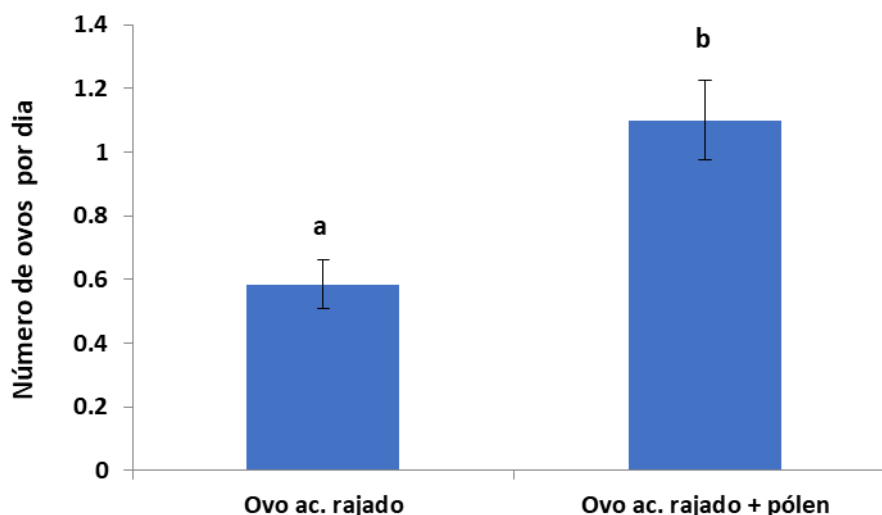
do presente trabalho, utilizando-se placas de acrílico e folha (da planta hospedeira) como substrato para os ácaros. Os autores notaram que *A. tsugawai* preferiu as fases larvais em relação aos ovos de *T. urticae*, provavelmente, pelo fato de as larvas se movimentarem pelas arenas de teste e estarem mais bem distribuídas que os ovos. Isso também foi percebido no presente trabalho, onde diariamente as larvas que eclodiam eram retiradas das arenas do experimento e novos ovos foram repostos no local. Percebeu-se que os predadores preferiam ingerir com as larvas, em relação aos ovos, quando ambos estavam disponíveis.

Segundo Ashley (2003), um indivíduo de *Orius* é capaz de consumir 30 ou mais ácaros-rajados por dia, o que também foi observado no presente trabalho. Entretanto, assim como relatado pela autora, em sua dissertação, sua predação se torna mais efetiva em índices maiores de presas do que quando há um número mais baixo de ácaros disponíveis. A pesquisa indicou, assim, que os indivíduos de *Orius* conseguem suprimir uma população da praga, mesmo em altas densidades populacionais.

## **5.2 Oviposição de *A. limonicus* quando alimentado com ácaro-rajado e pólen**

A oviposição de *A. limonicus* quando alimentado exclusivamente com ovos de *T. urticae* foi de aproximadamente 0,6 ovos por fêmea por dia. Com a adição de pólen de mamona à dieta, houve um acréscimo significativo (88,6%) na oviposição, chegando a 1,1 ovos por fêmea por dia (Figura 22).

Os resultados indicam que o ácaro predador *A. limonicus* pode se estabelecer no campo, mesmo em cultivos infestados apenas com ácaro-rajado. A presença de fontes de pólen e/ou a adição de pólen (de mamona), sobre as plantas cultivadas, pode contribuir para o estabelecimento e reprodução do ácaro predador nos cultivos agrícolas.



**Figura 22.** Oviposição de *A. limonicus* (número de ovos por fêmea por dia), quando alimentado com ovos de ácaro-rajado e com ovos de ácaro-rajado mais pólen de mamona, em arenas de folha de feijão-de-porco, a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $70 \pm 10\%$ . Colunas com letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância.

De acordo com Vangansbeke et al. (2014), a presença de mais de uma fonte de alimento (como dieta e/ou substrato) resulta em maiores taxas de sobrevivência e reprodução, para *A. limonicus*. No presente teste realizado em laboratório, foi possível observar que a combinação de ovos de *T. urticae* e pólen de mamona levaram a um aumento na oviposição, corroborando os resultados obtidos por esses autores.

O uso de pólen como suplementação alimentar é uma excelente alternativa para estabelecer criações em laboratório, bem como estimular a oviposição e multiplicação dos indivíduos. Samaras, Pappas e Broufas (2015) avaliaram a relação do pólen com o desenvolvimento e reprodução de *A. limonicus*, e reportaram influência de diferentes pólenes nos diferentes parâmetros de vida do predador, evidenciando que a combinação de pólen com outros alimentos, como presas ou alimentos artificiais, podem ser benéficos à oviposição do predador, bem como, servir de estímulo para seu estabelecimento em condições de campo.

Nos cultivos de campo, normalmente há presença do pólen. Ao criar o predador em laboratório e introduzir pólen à sua dieta, estimula-se tanto sua oviposição em laboratório quanto seu estabelecimento em campo. De acordo com diversos autores, para os ácaros fitoseídeos das espécies *A. swirskii* e *A. limonicus*, quando pólen é

oferecido como alimento alternativo, há maiores chances de estabelecimento da população em campo e maior eficácia no controle de pragas (KISHIMOTO, 2015; LEE & ZHANG, 2018).

Os resultados de oviposição de *A. limonicus* obtidos no presente trabalho foram um pouco inferiores aos reportados por Kennett e Hamai (1980), que mencionaram um percentual de oviposição de 2,4 ovos por fêmea por dia quando *A. limonicus* se alimentou de *T. urticae*. Um dos possíveis fatores associados aos índices relativamente baixos de oviposição de *A. limonicus*, no experimento realizado no Instituto Biológico, seria a presença de cascas de arroz (e lamínulas com fios de algodão) nas arenas de teste, para servirem de abrigo (para ovos e formas jovens do predador), para evitar as altas taxas de canibalismo desta espécie (VANGANSBEKE et al., 2014). No entanto, a presença desses abrigos (principalmente casca de arroz) pode ter dificultado a busca e a predação de ácaros *T. urticae* por *A. limonicus*, levando a um maior gasto de energia para o encontro da presa, com conseqüente redução na oviposição.

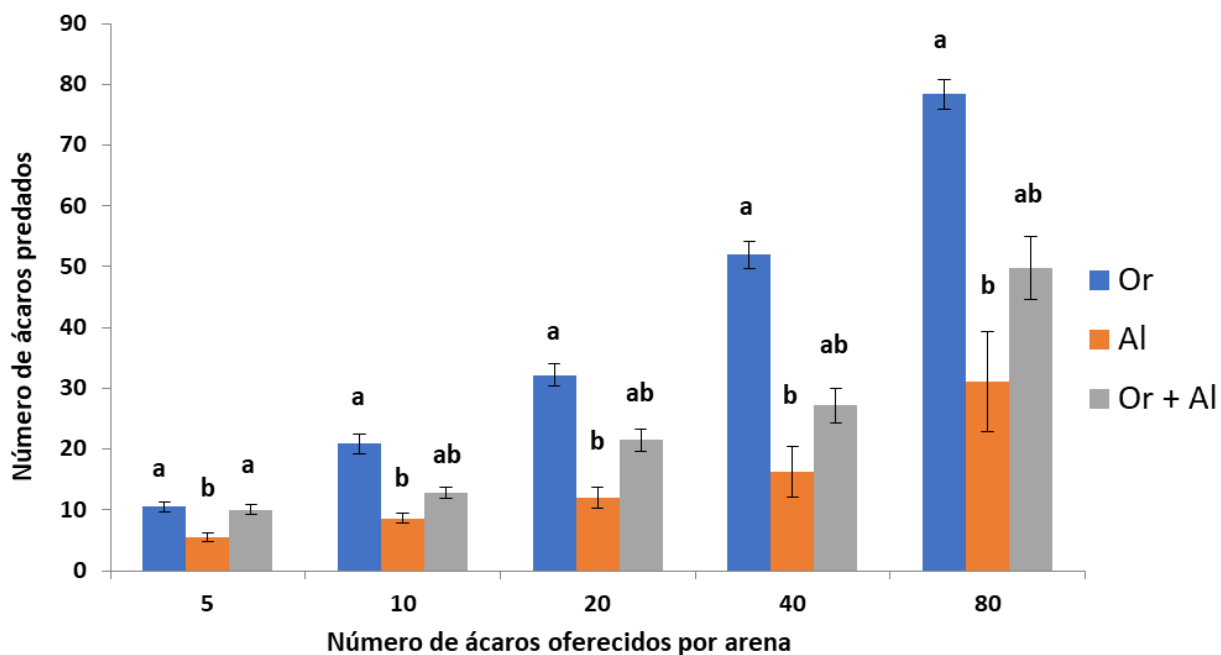
### **5.3 Estudos de competição e predação entre espécies**

#### **5.3.1 Testes em arenas com presença de *O. insidiosus*, *A. limonicus* e fêmeas adultas de ácaro-rajado**

Os resultados indicam que a presença de duas espécies de predadores (*O. insidiosus* e *A. limonicus*), em arenas de folha de feijão-de-porco, pode afetar significativamente o desempenho de cada espécie na predação de fêmeas adultas de ácaro-rajado (Figura 23).

Observou-se um efeito negativo no desempenho de *O. insidiosus* na predação de *T. urticae*, quando foram adicionadas (5) fêmeas adultas de *A. limonicus* em cada arena de teste, verificando-se reduções significativas nos índices de predação a partir da densidade de 10 fêmeas de *T. urticae* por arena. O maior contraste foi observado para a densidade de 40 ácaros por arena, na qual o número de *T. urticae* predados (51,9 ácaros por dia) por *Orius* sem a presença de *A. limonicus* foi 91,2% maior que quando o inseto predador foi colocado juntamente com algumas fêmeas adultas do ácaro predador (27,2 ácaros por dia).





**Figura 23.** Número de ácaros predados por arena por dia por *O. insidiosus* e *A. limonicus* sobre fêmeas adultas de *T. urticae*, para diferentes densidades populacionais (5 a 80 fêmeas adultas) do ácaro-rajado: Tratamento 1) apenas uma fêmea adulta de *O. insidiosus* + ácaro-rajado por arena (Or); 2) apenas uma fêmea de *A. limonicus* + ácaro-rajado por arena (Al); uma fêmea de *O. insidiosus* + cinco fêmeas de *A. limonicus* + ácaro-rajado por arena (Or + Al). Colunas com letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste de Dunn a 5% de significância.

No caso de *A. limonicus*, a adição de um adulto de *O. insidiosus*, além de quatro outras fêmeas da mesma espécie do ácaro predador, resultou em um aumento significativo na predação de *T. urticae*, porém, de forma não proporcional ao aumento no número de ácaros *A. limonicus* por arena. Nesse caso, houve um aumento de cinco vezes no número de ácaros *A. limonicus*, que passou de 1 para 5 ácaros predadores, porém, o aumento médio na predação de ácaro-rajado por dia, em cada arena, foi de apenas 67% (variando de 48 a 80%) (Figura 26). Assim sendo, provavelmente, a presença de *O. insidiosus* também deve ter afetado negativamente o desempenho de predação de *T. urticae* por *A. limonicus*.

Apesar desse possível efeito negativo de *O. insidiosus* sobre *A. limonicus*, não foram observados ácaros *A. limonicus* mortos pelo percevejo predador, nas arenas com presença de *O. insidiosus*. Essa ausência de mortalidade do ácaro predador pode estar associada à presença de abrigos, como casca de arroz e lamínulas com fios de algodão, nas arenas de teste de predação. Esse comportamento de fuga do ácaro predador,

mantendo-se mais tempo nos abrigos, pode ter limitado o seu desempenho na predação de ácaro-rajado.

Como o experimento foi realizado em condições de laboratório, são necessários estudos posteriores para avaliar o comportamento de predação e as possíveis interações entre as espécies (*A. limonicus*, *O. insidiosus*, *T. urticae*) em condições de campo. Os testes em laboratório foram realizados em arenas de folha com espaço restrito, favorecendo o comportamento de fuga de *A. limonicus*, em presença de *O. insidiosus*. Em campo aberto, há maior possibilidade de dispersão, havendo, possivelmente, menor efeito negativo de uma espécie de predador sobre a outra.

Alguns insetos e ácaros predadores podem atacar os indivíduos de outras espécies (competidoras) ou mesmo da própria espécie, em situações competitivas. Diversos autores estudam os fenômenos de predação interespecífica e canibalismo entre organismos, incluindo ácaros fitoseídeos. Walzer e Schausberger (1999) avaliaram o comportamento de predação de duas espécies de ácaros fitoseídeos, *P. persimilis* e *N. californicus*, na presença do ácaro tetraniquídeo *T. urticae*. Nesse caso, os autores observaram que *N. californicus* preferia predação *T. urticae*, em relação ao seu competidor, *P. persimilis*. Entretanto, *P. persimilis* não fez distinção de presas, alimentando-se não apenas do ácaro tetraniquídeo, mas também de *N. californicus* e até de indivíduos da própria espécie. O excesso de predadores em um mesmo local favorece os eventos de canibalismo e, no referido trabalho, foi reportada uma taxa de canibalismo maior em *P. persimilis* do que em *N. californicus*.

Trabalhos com múltipla herbivoria envolvendo *Orius* também foram realizados por diversos autores (ROSENHEIM, 2005; SOHRABI et al., 2012; SOUSA et al. 2020). Foi reportado que *Orius* normalmente se alimenta bem mediante múltiplas presas. Jackobsen, Enkegaard e Brodsgaard (2010) estudaram as interações entre *Orius majusculus* (Reuter), *Macrolophus caliginosus* Wagner (Heteroptera: Miridae) e *F. occidentalis*, e observaram que adultos de *O. majusculus* predaram *M. caliginosus* em algumas circunstâncias, porém, a predação de *O. majusculus* sobre *F. occidentalis* não foi afetada pela presença de *M. caliginosus*. Pelo contrário, observou-se potencialização da predação do tripses na presença de ambos os predadores.

Diferindo dos resultados obtidos por Jackobsen, Enkegaard e Brodsgaard (2010), embora *O. insidiosus* não tenha predado *A. limonicus*, no presente experimento, a presença das duas espécies de predadores em uma mesma folha (arena), não se mostrou vantajosa para o controle biológico de *T. urticae*.

### 5.3.2 Estudos de comportamento de predação de *O. insidiosus* e *A. limonicus* utilizando-se vídeo-filmagem

As gravações (vídeo-filmagens) realizadas em laboratório, visando avaliar o comportamento de *O. insidiosus* em arenas de folha de feijão-de-porco com diferentes densidades populacionais de fêmeas adultas de ácaro-rajado, indicaram alterações no comportamento do inseto predador, com aumento na velocidade de caminamento e distância percorrida pelos insetos predadores (*O. insidiosus*) nas arenas com maior número de ácaros *T. urticae*. As maiores velocidades de caminamento (0,10 a 0,13 cm/s) de *O. insidiosus* foram observadas para as arenas com 40 e 80 fêmeas de *T. urticae*, que foram 5,65 a 7,25 vezes maiores que as observadas para as arenas com 20 ácaros por arena (0,019 cm/s) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Velocidade média de caminamento e distância total percorrida (em 15 minutos) por *O. insidiosus*, em arenas de folha de feijão-de-porco com diferentes densidades populacionais de fêmeas adultas de *T. urticae*.

Número de ácaros <i>T. urticae</i> por arena	Velocidade média (cm/s)	Total caminhado pelo inseto (cm)
20	0,018659	10,2157
40	0,135208	26,2301
80	0,105377	32,7721

A maior distância percorrida por *O. insidiosus* (32,8 cm), em 15 minutos, foi observada para as arenas com 80 fêmeas de *T. urticae*, sendo este valor 3,21 vezes que a observada para o inseto predador nas arenas com 20 fêmeas de ácaro-rajado (Tabela 3).

Esses resultados, indicando maior movimentação dos insetos predadores nas arenas com as maiores densidade populacionais de presas (*T. urticae*), são condizentes com os resultados obtidos nos experimentos de predação em laboratório, nos quais se observou aumento no número de ácaros predados por *O. insidiosus* nas arenas com as maiores densidades populacionais de fêmeas adultas de *T. urticae* (Figura 21).

Para um aumento correspondente a 3,21 vezes na distância percorrida por *O. insidiosus* nas arenas com 80 ácaros *T. urticae* (Tabela 3), teria sido registrado (nos testes de predação) um aumento de 3,67 vezes no número de fêmeas adultas predadas

(mortas) pelo inseto predador (Tabela 2), em relação às arenas com 20 fêmeas de *T. urticae*.

A influência das densidades populacionais relativas de presas e predadores sobre o comportamento de predação de diferentes organismos tem sido estudada por diversos autores (SOLOMON, 1949; HOLLING, 1959; HAMMILL & PETCHEY; ANHOLT, 2010; FRAKER & LUTTBEG, 2012). Em muitos sistemas naturais, predadores e presas são móveis. Como resultado, suas distribuições e suas taxas de interação entre si e com outras espécies dependerão de como cada um responde ao outro (KRIVAN, 1997, Van BAALEN & SABELIS, 1999). A previsão geral tem sido que os predadores devem preferir locais com as maiores densidades de presas e que as presas devem tentar evitar locais com proporções mais altas de predadores, em relação ao de presas (LIMA, 1998; SIH, 1998). Em sistemas nos quais predadores e presas podem se mover, existe uma “corrida de respostas comportamentais” na qual as presas tentam evitar os predadores, enquanto os predadores tentam capturar as presas (SIH, 2005). No entanto, como os movimentos do predador e da presa podem influenciar (moldar) o comportamento de um em relação ao outro permanece mal compreendido (SIH, 1984; LIMA, 2002; HAMMOND et al., 2007; FRAKER & LUTTBEG, 2012).

Estudos adicionais, com maior número de repetições, ainda são necessários para se compreender melhor as interações entre *O. insidiosus* e *T. urticae*, em diferentes condições ambientais (ex.: plantas hospedeiras, temperaturas e umidades relativas do ar). Estudos incluindo predadores competidores (ex.: *A. limonicus*) nas arenas com ácaro-rajado também são necessários.

#### **5.4 Estudos de liberação de ácaros predadores em cultivo de pimentão**

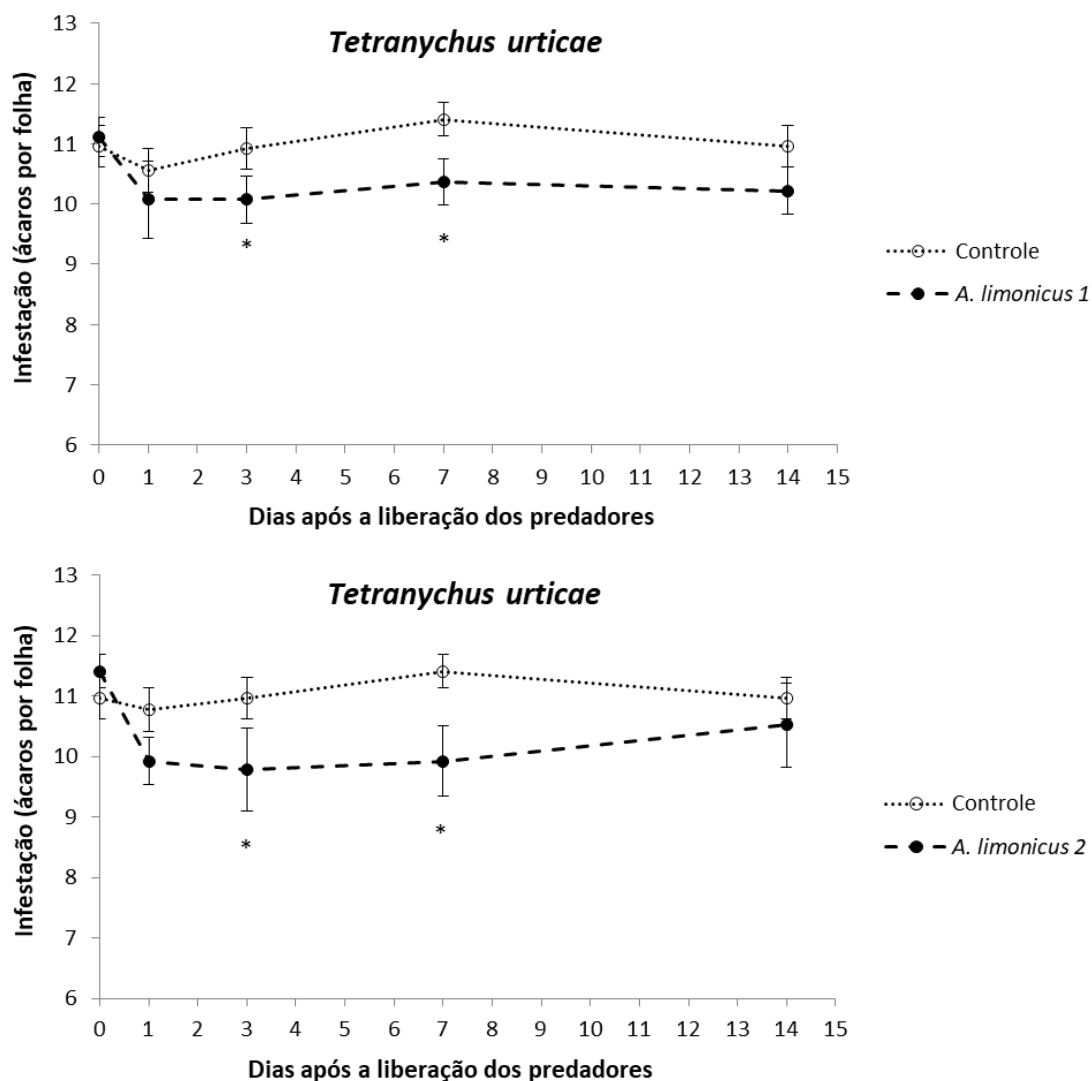
Foram conduzidos dois experimentos de liberação de ácaros predadores da espécie *A. limonicus* em cultivo protegido de pimentão, em Campinas, SP, nos períodos de 17 a 31 de outubro de 2022 (Experimento 1) e de 07 a 21 de novembro de 2022 (Experimento 2). Nos dois experimentos, as liberações dos ácaros predadores foram realizadas nas estufas 10 e 11, que foram comparadas com a estufa 9, sem liberação de ácaros predadores.

### 5.4.1 Experimento 1

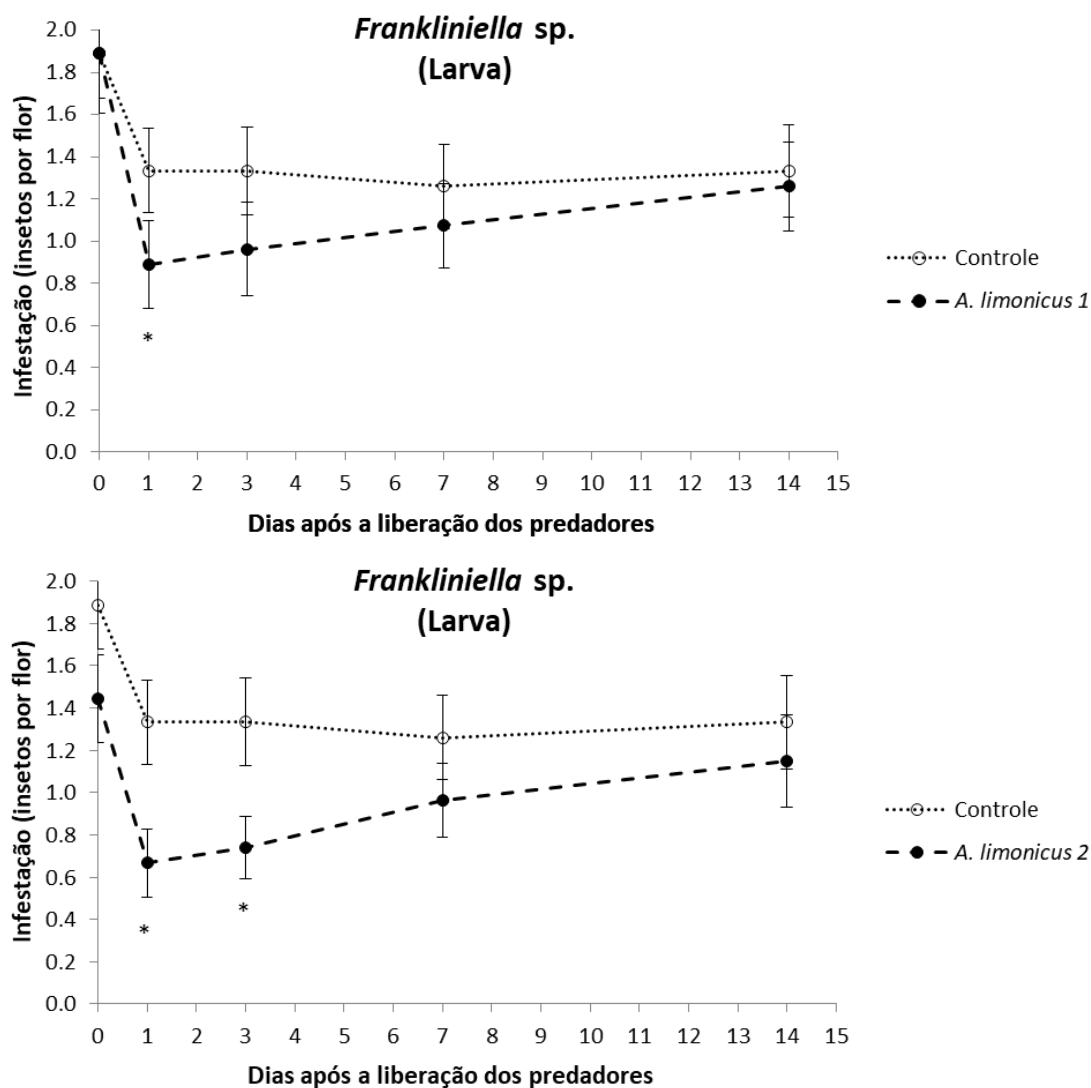
A liberação de ácaros predadores da espécie *A. limonicus* afetou significativamente as infestações de ácaro-rajado, tripes (*F. occidentalis*) e moscas-brancas (*B. tabaci*), em cultivo protegido de pimentão, em Campinas, SP (Figuras 24 a 27).

No caso de ácaro-rajado, foram observadas reduções significativas (até 15%) na densidade populacional de *T. urticae* em folhas de pimentão, em relação à área controle (sem liberação de predadores) (estufa 9), aos 3 e 7 dias após a liberação dos ácaros *A. limonicus* sobre as plantas de pimentão, nas duas estufas com liberação de predadores (estufas 10 e 11) avaliadas (Figura 24).

No caso de larvas de tripes, foram observadas reduções populacionais aos 1 e 3 dias (apenas estufa 11) após a liberação dos ácaros predadores, com destaque para a estufa 11, na qual houve redução de 49,6% na infestação de larvas de tripes nas flores de pimentão (em relação à área controle), no primeiro dia após a liberação de *A. limonicus* na estufa (Figura 25).



**Figura 24.** Infestação de ácaro-rajado em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 17 a 31 de outubro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância.



**Figura 25.** Infestação de larvas de tripes (*F. occidentalis*) em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controlle) (estufa 9). Campinas, 17 a 31 de outubro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância.

No caso de adultos de tripes, também foram registradas reduções populacionais do inseto (até 48%) em flores de pimentão, nas avaliações realizadas aos 3, 7 e 14 dias após a liberação de *A. limonicus*, nas duas estufas com liberação do ácaro predador (Figura 26).

Embora os ácaros predadores da família Phytoseiidae, não sejam considerados efetivos no controle de adultos de tripes, a presença dos ácaros predadores nas flores e outras partes das plantas de pimentão pode ter afetado o comportamento dos adultos de *Frankliniella*, observando-se reduções na infestação de adultos nas flores de pimentão avaliadas, nas duas estufas com liberação de *A. limonicus*.

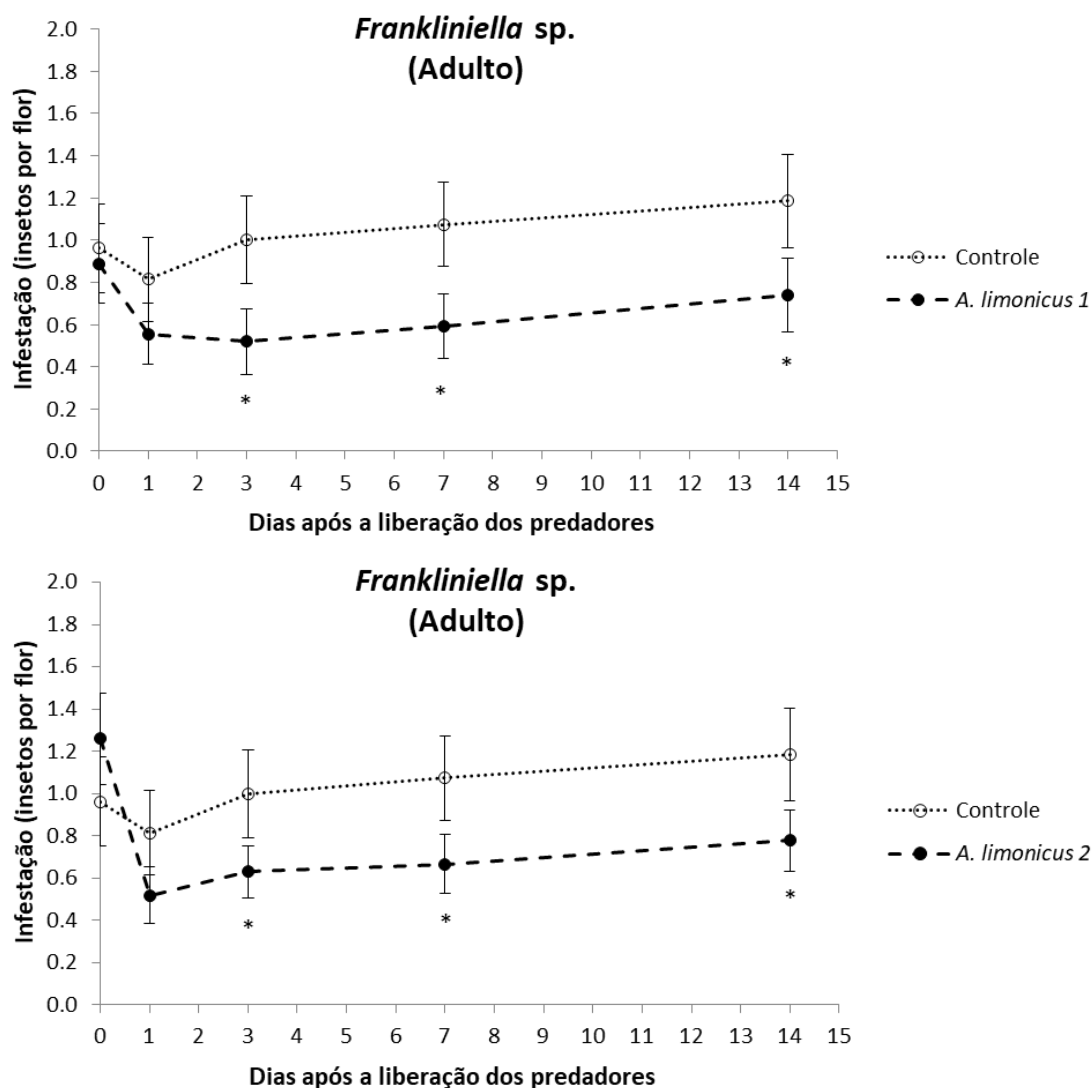
No caso de mosca-branca, foram observadas reduções significativas na infestação de *B. tabaci* (número de ovos por folha), em todas as avaliações realizadas após liberação de *A. limonicus* sobre as plantas de pimentão, nas duas estufas avaliadas. A maior porcentagem de redução populacional (80,1%) foi observada no primeiro dia após a liberação do ácaro predador, na estufa 11 (em relação à área controle) (Figura 27).

A alta eficácia de *A. limonicus* na predação de ovos de *B. tabaci*, em diferentes culturas, já havia sido reportada por diversos autores, em pesquisas realizadas em outros países (Van HOUTEN; ROTHE; BOLCKMANS, 2008). No Brasil, pesquisas realizadas em cultivo comercial de gérbera, em Holambra, SP, também mostraram bom desempenho de *A. limonicus* na predação de ovos de *B. tabaci* (MARQUES; SATO; CARVALHO, 2017).

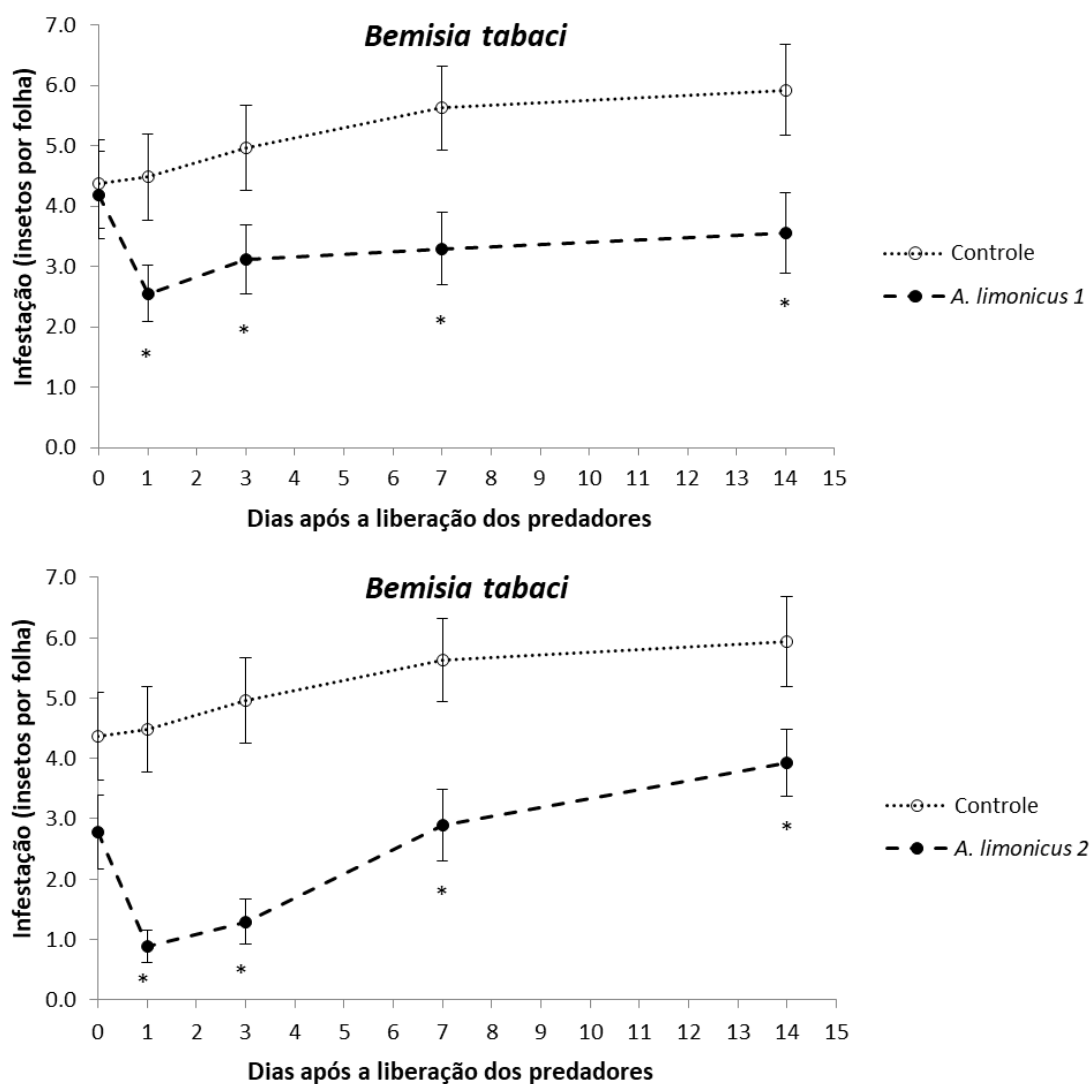
Nas duas estufas com liberação de *A. limonicus*, observou-se um aumento gradual na infestação das três espécies de artrópodes-praga avaliadas, após o terceiro dia da liberação dos ácaros predadores. Esse aumento populacional está provavelmente associado ao uso de inseticidas-acaricidas nas estufas de pimentão, visando à redução populacional de ácaro-rajado e moscas-brancas. Um dos produtos utilizados pelo produtor, durante o período do experimento foi clorfenapir, que não se mostrou efetivo para o controle de nenhuma das pragas avaliadas, porém, deve ter afetado a sobrevivência e reprodução dos ácaros predadores liberados, limitando o desempenho de *A. limonicus* no controle das pragas avaliadas e o estabelecimento do predador nos cultivos de pimentão.

A elevada toxicidade de clorfenapir sobre diversas espécies de ácaros fitoseídeos já foi reportada por diversos autores no Brasil e no exterior (SILVA & OLIVEIRA, 2007).





**Figura 26.** Infestação de adultos de trips (*F. occidentalis*) em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 17 a 31 de outubro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância.



**Figura 27.** Infestação de moscas-brancas (*B. tabaci*) em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 17 a 31 de outubro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância.

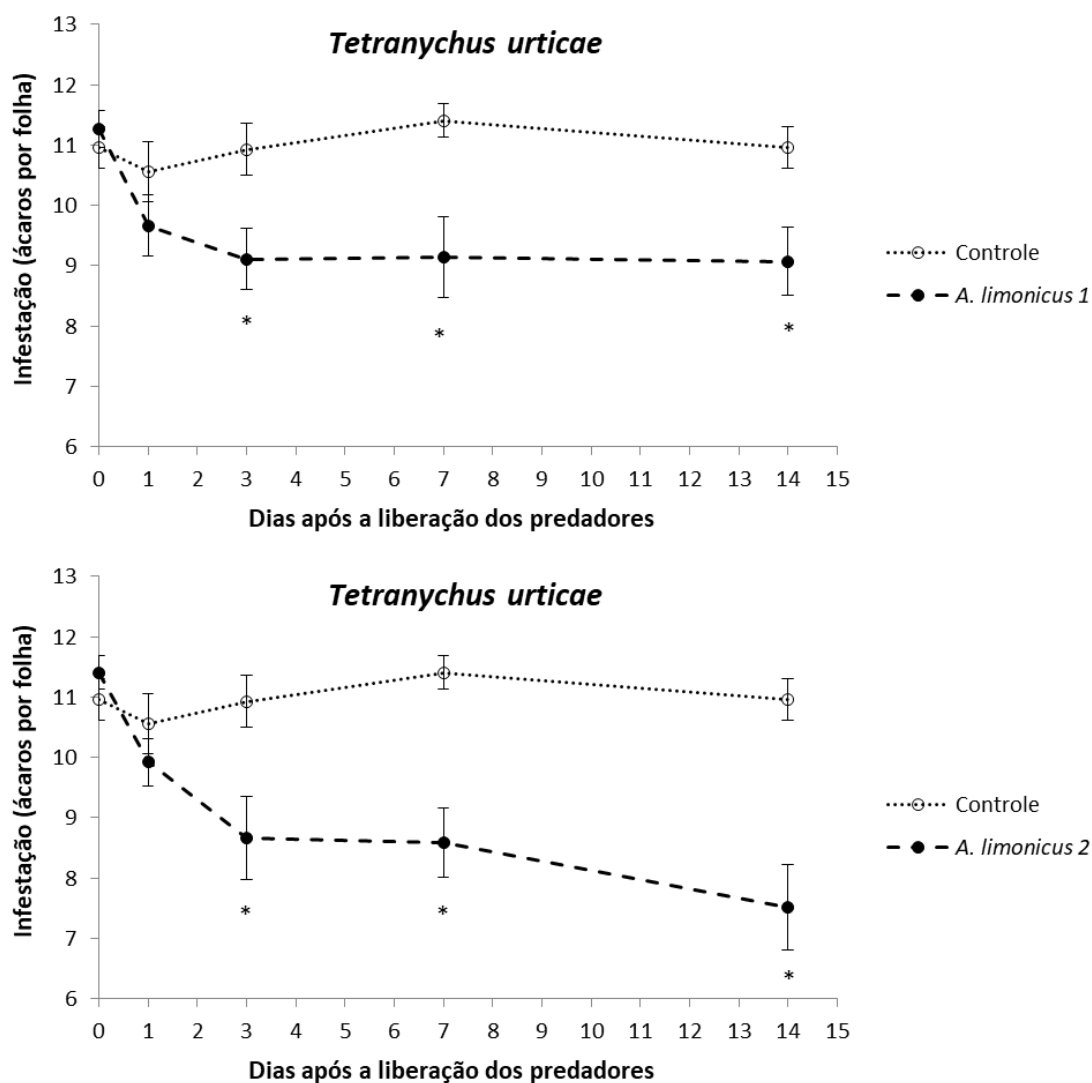
### 5.4.2 Experimento 2

Assim como no Experimento 1, a liberação de ácaros predadores da espécie *A. limonicus* afetou significativamente as infestações de ácaro-rajado, tripes e moscas-brancas, em cultivos de pimentão, em Campinas, SP (Figuras 28 a 31).

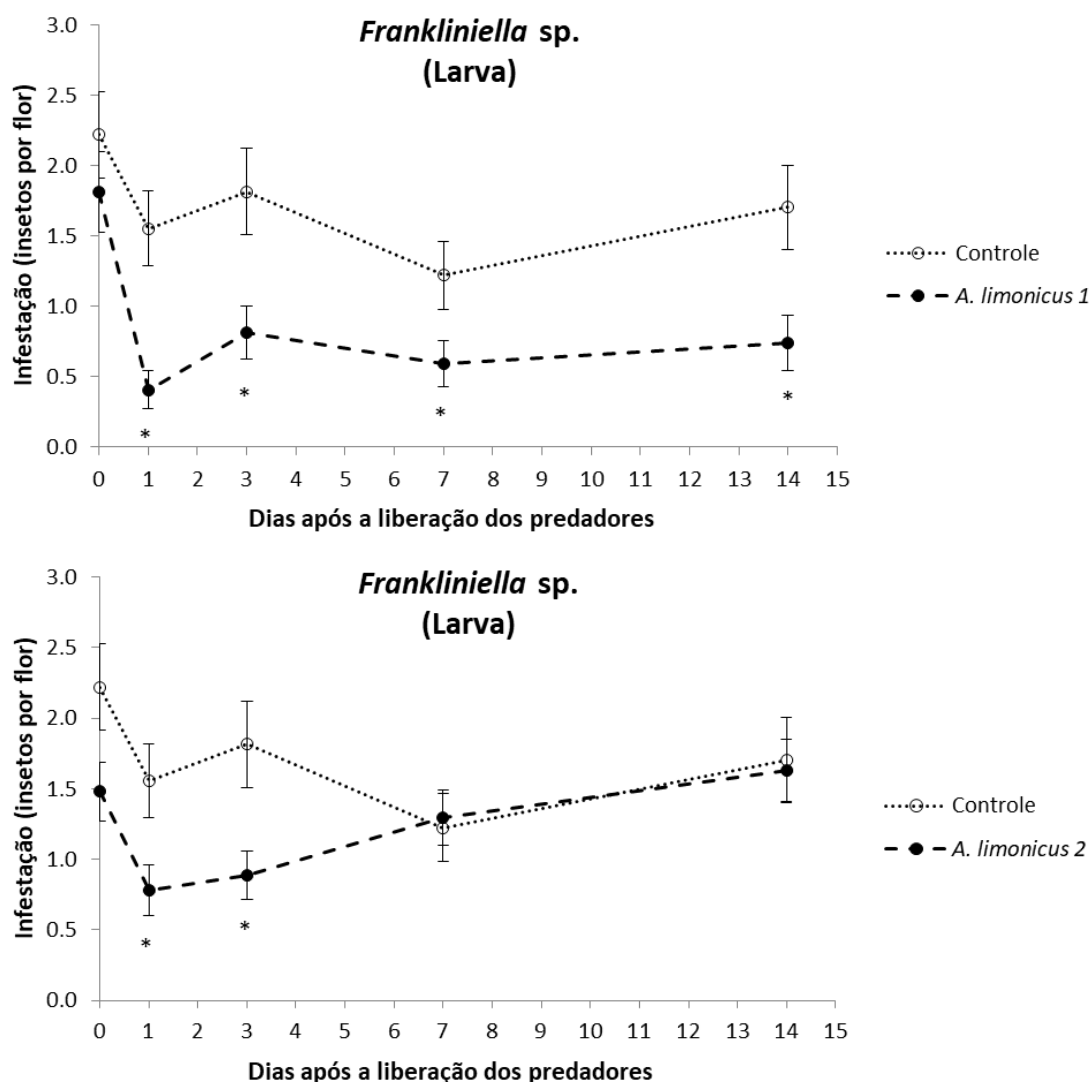
No caso de *T. urticae*, foram observadas reduções significativas na infestação do ácaro-praga, em folhas de pimentão, nas avaliações realizadas aos 3, 7 e 14 dias após a liberação dos ácaros predadores, nas estufas 10 e 11. A maior influência dos ácaros predadores sobre a infestação de *T. urticae* foi observada aos 14 dias após a liberação de *A. limonicus* sobre as plantas de pimenta, na estufa 11, com redução populacional de 31,4% (Figura 28).

O número relativamente baixo de ácaros *A. limonicus* liberados no cultivo de pimentão (apenas 2.000 ácaros predadores em três linhas pimentão de 12 metros de comprimento ou, aproximadamente, 22 ácaros predadores por planta de pimentão), e o elevado tamanho das plantas de pimentão (1,5 a 1,7 m de altura) no momento da condução do experimento, podem ter influenciado no desempenho do predador no controle de ácaro-rajado, nas estufas de pimentão. As aplicações de inseticidas e acaricidas (ex.: dicarzol, clorfenapir), nas estufas avaliadas, também podem ter afetado negativamente o desempenho do ácaro predador.

No caso de larvas de tripes, o melhor desempenho de *A. limonicus* no controle da praga foi observado na estufa 10, com reduções significativas do inseto-praga (até 73,4%), em todas as avaliações realizadas a partir do primeiro dias após a liberação dos predadores (Figura 29). Para a estufa 11, foram observadas reduções significativas na infestação de larvas de tripes nas flores de pimentão, apenas nas duas primeiras avaliações realizadas (1 e 3 dias) após a liberação dos ácaros predadores. O aumento gradativo na infestação da praga, após o terceiro dia da liberação, pode estar associado ao efeito tóxico de pesticidas sobre os ácaros pedadores. Embora os mesmos pesticidas tenham sido aplicados, nas mesmas datas, nas três estufas avaliadas (9, 10 e 11), pequenas variações nas condições ambientais (vento, umidade relativa, tipo de solo, adubação) e nutricionais das plantas, em cada estufa, podem afetar a suscetibilidade das plantas às diferentes espécies de pragas e doenças, favorecendo a multiplicação de forma distinta de algumas espécies de fitófagas (ex.: larvas de *Frankliniella*), em determinadas condições ambientais, podendo explicar o contraste entre os resultados para larvas de tripes nas estufas 10 e 11.



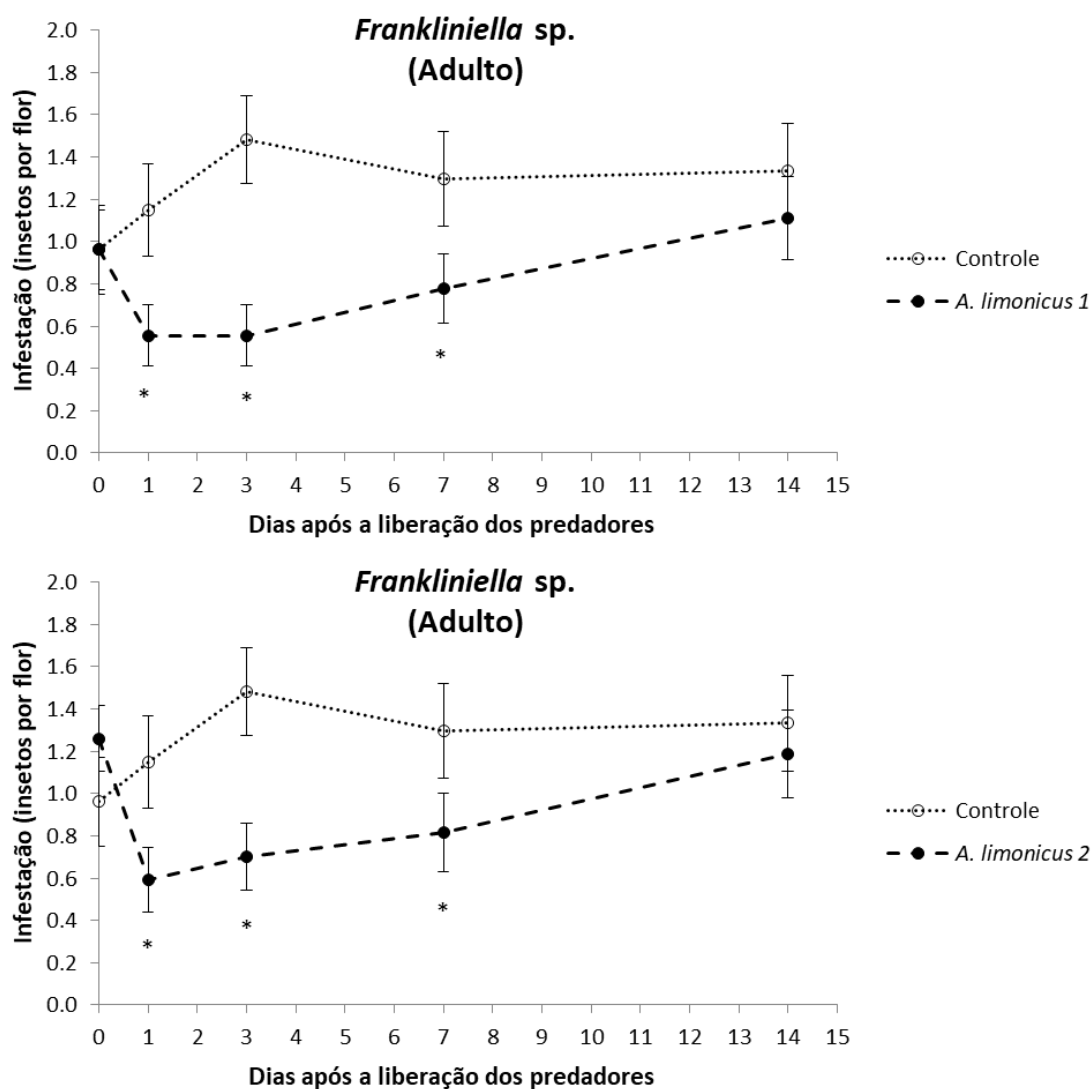
**Figura 28.** Infestação de ácaro-rajado em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 07 a 21 de novembro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância.



**Figura 29.** Infestação de larvas de tripses (*F. occidentalis*) em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 07 a 21 de novembro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância.

No caso de tripses adultos, assim como no Experimento 1, observou-se redução populacional de tripses nas flores de pimentão, nas avaliações realizadas aos 1, 3 e 7 após a liberação dos ácaros predadores das espécies *A. limonicus* (Figura 30), corroborando a hipótese que os ácaros predadores afetam o comportamento dos adultos de *Frankliniella* sp., fazendo com que os mesmos evitem as flores (ou plantas) com presença dos ácaros predadores.

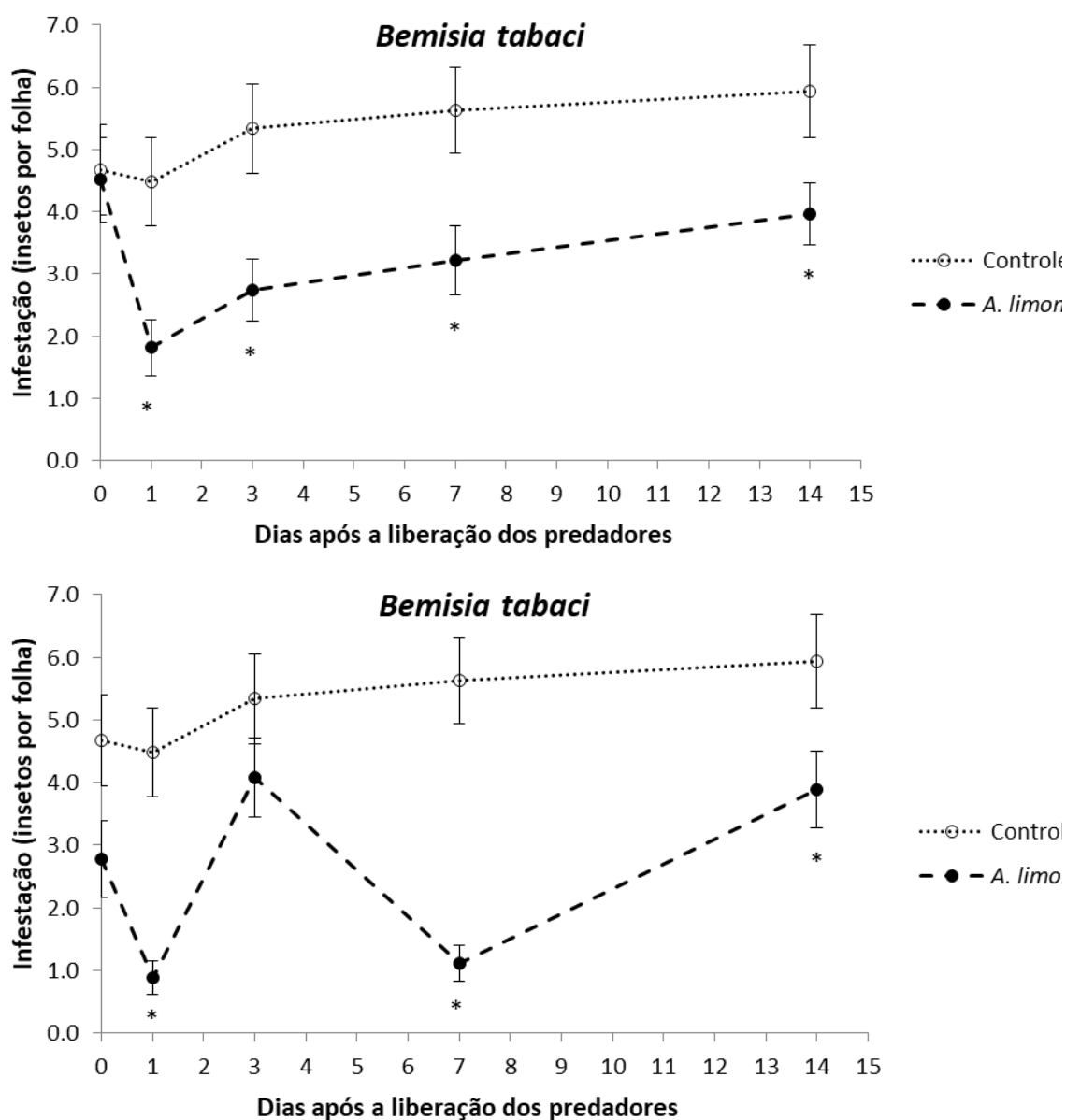
Os odores associados à presença dos predadores, nas plantas de pimentão, podem ter induzido um comportamento de fuga da praga (*F. occidentalis*), para evitar o risco de encontro com o inimigo natural (*A. limonicus*). Esse comportamento de fuga associado aos odores (liberados pelo predador e/ou pela presa, na planta hospedeira) relacionados à presença de inimigos naturais nas plantas hospedeiras já foi reportado para diferentes espécies de predadores e pragas, em diferentes ecossistemas.



**Figura 30.** Infestação de adultos de tripses (*F. occidentalis*) em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 07 a 21 de novembro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste t a 5% de significância.

No caso de mosca-branca, *B. tabaci*, também foram observadas reduções significativas (até 80,3%) na infestação de *B. tabaci* (ovos), nas avaliações realizadas aos 1, 3 (apenas estufa 10), 7 e 14 dias, após a liberação dos ácaros predadores (Figura 31).

Os resultados do presente estudo (Experimento 2) corroboram os do Experimento 1, confirmando o elevado potencial de uso de *A. limonicus* como agente de controle biológico de *B. tabaci* em cultivo protegido de pimentão.



**Figura 31.** Infestação de moscas-brancas (*B. tabaci*) em plantas de pimentão em cultivo protegido, em áreas com liberação de ácaros predadores [*A. limonicus* 1: estufa 10; *A. limonicus* 2: estufa 11] e sem liberação de predadores (Controle) (estufa 9). Campinas, 07 a 21 de novembro de 2022. Médias (da mesma data de avaliação) seguidas de asterisco (\*) diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância.

Tendo em vista os cultivos agrícolas com aplicações frequentes de agroquímicos, o uso de predadores naturais em associação a outras estratégias de manejo integrado de pragas (ex.: adubação correta, adubação verde, rotação de culturas), são atitudes que visam otimizar a produção e promover a redução na infestação das pragas nessas culturas. De Oliveira et al. (2006) reportam que pesquisas com controle biológico têm sido aprofundadas e difundidas nas últimas três décadas, sendo uma estratégia fundamental para a produção orgânica. O manejo integrado de pragas (MIP) também vem ganhando importância nos últimos anos, incluindo a associação do controle biológico ao controle químico, para obtenção de melhores resultados, permitindo a redução no uso de defensivos químicos na agricultura.

Um dos principais problemas relacionados à adoção e divulgação do uso de técnicas de controle biológico se deve, em muitos casos, à restrição das pesquisas apenas às condições de laboratório, sem a avaliação dos agentes biológicos em condições de campo (PARRA & ZUCCI, 2006).

O presente trabalho, tendo apresentado os vieses de laboratório e de campo, trouxe informações úteis para validar a utilização (e comercialização) de *A. limonicus* como agente de controle biológico de ácaro-rajado, tripes e moscas-brancas, no Brasil. Os dados obtidos foram relevantes para visualizar a capacidade predatória de *A. limonicus* sobre o ácaro-rajado (*T. urticae*), tripes (*F. occidentalis*) e mosca-branca (*B. tabaci*), simultaneamente, em cultivo de pimentão. Entretanto, existem muitos outros estudos a serem realizados para se compreender melhor a ação desse predador no controle biológico de pragas e suas interações com as diversas espécies de inimigos naturais (ex.: *Orius* sp., coccinelídeos, crisopídeos) encontradas com frequência em cultivos agrícolas no Brasil.



### 5.5 Custo de produção de *A. limonicus* e viabilidade econômica

Um dos inimigos naturais comercializados atualmente no Brasil é o ácaro fitoseídeo *N. californicus* (Acari: Phytoseiidae). O produto *Spical* é comercializado pela empresa Koppert, tendo o predador registro no MAPA (número 13212), sendo vendido para o controle de ácaros tetraniquídeos, principalmente de *T. urticae*.

O ácaro predador *A. limonicus* ainda não está disponível no comércio brasileiro, porém, ele já é comercializado em diversos outros países, como na Europa e EUA, para o controle de pragas, principalmente de moscas-brancas da espécie *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae). Entretanto, existem vários relatos na literatura indicando que *A. limonicus* pode ser efetivo para o controle de diversas espécies de artrópodes, incluindo mosca-branca (*B. tabaci*), tripes (*F. occidentalis*), psilídeos [*Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae)], e ácaros tetraniquídeos, como *Oligonychus punicae* (Hirst) (Acari: Tetranychidae) (Van HOUTEN et al., 1995; XU & ZANG, 2015) e *T. urticae* (presente trabalho).

Com base nas pesquisas realizadas no Instituto Biológico, estima-se que o valor para produção de cada ácaro *A. limonicus* seria três vezes maior que o de cada ácaro *N. californicus*, tendo em vista a maior dificuldade para sua criação em laboratório (devido à falta de uma tecnologia adequada para a sua criação). Assim sendo, o uso de *A. limonicus* seria vantajoso em cultivos infestados por ácaro-rajado, juntamente com a presença de outras espécies de artrópodes-praga, como tripes e moscas-brancas, que não são controladas de forma efetiva por *N. californicus*.

Pesquisas para melhoria das metodologias de produção massal de *A. limonicus* ainda são necessárias, visando à obtenção de um bioproduto viável para comercialização em larga escala no Brasil.

## 6. CONCLUSÕES

- *Amblydromalus limonicus* mostra-se efetivo para o controle de ovos e adultos de ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*), com valores de predação iguais ou superiores a 30 ácaros por fêmea do predador por dia.
- *Orius insidiosus* mostra-se mais efetivo para o controle de adultos de *T. urticae* que de ovos do ácaro-praga, com valores de predação de 79 fêmeas adultas de *T. urticae* (contra 29 ovos do ácaro tetraniquídeo) por fêmea adulta do percevejo predador por dia.
- A adição de pólen de mamona (*Ricinus communis*) à dieta de *A. limonicus*, constituída apenas por ovos de *T. urticae*, leva a um aumento significativo no número de ovos depositados pelo ácaro predador.
- A presença de *A. limonicus* e *O. insidiosus* em uma mesma folha (ou planta) afeta negativamente o desempenho de cada um dos predadores (principalmente de *O. insidiosus*), no controle de *T. urticae*.
- Há influência da densidade populacional de *T. urticae* sobre o comportamento de movimentação de *O. insidiosus*, com aumento na velocidade de caminhamento e distância percorrida pelo inseto predador em folhas (de feijão-de-porco) com maior número de adultos de ácaro-rajado.
- A liberação de ácaros predadores da espécie *A. limonicus* contribui significativamente para a redução populacional de ácaros (*T. urticae*), tripes (*Frankliniella* sp.) e moscas-brancas (*Bemisia tabaci*) em cultivos protegidos de pimentão, no estado de São Paulo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREWARTHA, H.G.; BROWNING, T.O. An analysis of the idea of “resources” in animal ecology. **Journal of theoretical biology**, v. 1, n. 1, p. 83-97, 1961.

ASHLEY, J.L. **Toxicity of selected acaricides on *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae: Acari) and *Orius insidiosus* Say (Hemiptera: Anthocoridae) life stages and predation studies with *Orius insidiosus***. 2003. Tese de Doutorado. Virginia Tech, Blacksburg, Virginia, USA. Disponível em: <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/9665/JanetThesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 Abr. 2023.

ATTIA, S. et al. A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. **Journal of Pest Science**, v. 86, n. 3, p. 361-386, 2013.

AVIZ, R.O. de et al. Cultivo de pimentão (*Capsicum annuum* L) sobre diferentes coberturas vegetais em Paragominas, Pará. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, n. 2, p. 19-26, 2020.

BALE, J.S.; VAN LENTEREN, J.C.; BIGLER, F. Biological control and sustainable food production. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1492, p. 761-776, 2008.

BERGAMO, W.A. et al. Influência do vento na infestação de tripses (Thysanoptera: Thripidae) em lavoura de pimentão. **Revista Cultivando o Saber**, v.13, n.4, p.51-57, 2020.

BERNARDI, D.; BOTTON, M.; NAVA, D.E.; ZAWADNEAK, M.A.C. **Guia para a identificação e monitoramento de pragas e seus inimigos naturais em morangueiro**. Embrapa Clima Temperado 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1043321/guia-para-a-identificacao-e-monitoramento-de-pragas-e-seus-inimigos-naturais-em-morangueiro>. Acesso em: 02 Jul. 2023.

BLAT, S.F.; da COSTA, C.P.A cultura do pimentão. ESALQ - Divisão de Biblioteca e Documentação, **Série Produtor Rural**, n. 34, 29p, 2007.

BORROR, D.J.; DELONG, D.M. **An Introduction to the Study of Insects**. 3rd Ed. New York, USA, Holt, Rinehart & Winston, 1971.

BOUDREAUX, H.B. Revision on the two,-spotted spider mite (Acarina, Tetranychidae) complex *Tetranychus telarius* (Linnaeus). **Annals of the Entomological Society of America**, v.49, n.1, p.43-48, 1956.

BRADER, L. Integrated pest control in the developing world. **Annual Review of Entomology**, v.24, n.1, p.225-254, 1979.

BROWN, J.K; BIRD, J. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean Basin. **Plant Disease**, v.76, n.3, p.220- 225, 1992.

BUSTOS, A. et al. Padronização da criação de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*): idade da planta e tempo de colheita. **Neotropical Entomology**, v.38, p.653-659, 2009.

CALISTO, F.A.S. **Influência de diferentes coberturas do solo na incidência de artrópodes e na produção da cultura do pimentão sob fertilização orgânica em cultivo protegido e campo aberto**. Monografia de Graduação. 42p. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Universidade de Brasília, Brasília 2017. Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/18026/1/2017\\_FernandoAlbertoCalisto\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/18026/1/2017_FernandoAlbertoCalisto_tcc.pdf). Acesso em: 02 Jul. 2023.

CARVALHO, J. de A. et al. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.569-574, 2011.

CARVALHO, S.S.C. de; BIANCHETTI, L. de B.; RIBEIRO, C.S.C.; LOPES, C.A. Pimentas do Gênero *Capsicum* no Brasil. **Embrapa Hortaliças**. Documentos, ISSN 1415-2312, Brasília, 2006.

CAVICCHIOLI, B. Direto do Campo. Técnicas modernas de pós-colheita podem garantir o frescor do produto da roça ao consumidor. **Hortifruti Brasil**, agosto, 2006. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/capa/direto-do-campo-tecnicas-modernas-podem-garantir-o-frescor-do-campo-ao-consumidor.aspx>. Acesso em: 02 Jul. 2023.

CORSEUIL, E. Controle biológico. **Entomologia, Temas Didáticos**, No 1, 32p., Porto Alegre, 2007.

CRUZ, I. Avanços e desafios no controle biológico com predadores e parasitoides na cultura do milho. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1030705/avancos-e-desafios-no-controle-biologico-com-predadores-e-parasitoides-na-cultura-do-milho>. Acesso em: 02 Jul. 2023.

CRUZ, I. **Controle biológico de pragas do milho**: uma oportunidade para os agricultores. Brasília, DF: Embrapa, 2022. 127 p. Disponível em: [file:///C:/Users/mesat/Downloads/Controle-biologico-de-pragas-do-milho%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/mesat/Downloads/Controle-biologico-de-pragas-do-milho%20(2).pdf). Acesso em: 10 Abr. 2023.

CRUZ, I. **Controle biológico de pragas na cultura de milho para produção de conservas (Minimilho), por meio de parasitoides e predadores.** Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 91, 2007. 16p.

CRUZ, I.; VALICENTE, F.H. **Controle biológico.** Embrapa Sorgo, Brasília, 2015.

MALDONADO, V. O cultivo do pimentão. **Cultivar Hortaliças e Frutas.** Ed. 05, 2000. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/o-cultivo-do-pimentao>. Acesso em: 02 Jul. 2023.

DA SILVA ROCHA, F. et al. Manejo de doenças e pragas em rosa-do-deserto. In: NIETSCH, S.; ALMEIDA, E.F.A.; MENDES, R.B. (Orgs.). **Cultivo e Manejo da Rosa-do-Deserto.** São José dos Pinhais, SP: Editora Brazilian Journals, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/51690/2/Manejo%20de%20doen%C3%A7as%20e%20pragas%20em%20rosa-do-deserto.pdf>. Acesso em: 02 Jul. 2023.

DAVIDSON, M.M. et al. Prey consumption and survival of the predatory mite, *Amblydromalus limonicus*, on different prey and host plants. **Biocontrol Science and Technology**, v. 26, n. 5, p. 722-726, 2016.

DE ASSIS, A.R.S.; CHAVES, M.R. A degradação ambiental e a sustentabilidade. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v.1, n.2, 2013.

DE OLIVEIRA, A.M. et al. Controle biológico de pragas em cultivos comerciais como alternativa ao uso de agrotóxicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.1, n.2, p.01. DOI:10.18378/rvads.v1i2.92006.

DEBACH, P. **Biological control of insect pests and weeds.** Reinhold, New York, 1964. 844 p,

DEGRANDE, P.E. **Guia prático de controle das pragas do algodoeiro.** Dourados: UFMS, 1998. 60 p.

DOUTOR AGRO. Controle biológico. Mercado de insumos biológicos no Brasil poderá alcançar R\$ 6.2 bilhões até 2025. Rio de Janeiro, 27 de dezembro de 2022. Disponível em: <https://ciorganicos.com.br/sustentabilidade/mercado-de-insumos-biologicos-no-brasil-podera-alcancar-r-6-2-milhoes-ate-025/#:~:text=Controle%20biol%C3%B3gico%2C Mercado%20de%20insumos%20biol%C3%B3gicos%20no%20Brasil,R%24%206.2%20bilh%C3%B5es%20at%C3%A9%202025&text=Rio%2C%2027%20de%20dezembro%20de,ano%2C%20segundo%20informa%C3%A7%C3%B5es%20da%20Agrivalle>. Acesso em: 18 Jun 2023.

DUFFUS, J.E. Whitefly transmission in plant viruses. In HARRIS, K.F. (Ed) **Current Topics I Vector of squash leaf curl virus (SqLCV) Research**, Vol. 4, Springer Verlag, New York, p.73-91. 1987.

FERNANDES, W.C. et al. Avaliação de inseticidas para o controle de tripes *Frankliniella* spp. em roseira. **Agropecuária Técnica**, v. 38, p. 34-40, 2017.

FERREIRA, C.B.S. et al. 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.

FERY, R.L.; SCHALK, J.M. Resistance in pepper (*Capsicum annuum* L.) to western flower thrips [*Frankliniella occidentalis* (Pergande)]. **HortScience**, v. 26, n. 8, p. 1073-1074, 1991

FLECHTMANN, C.H.W. **Ácaros de importância agrícola**. São Paulo: Livraria Nobel S.A., 1985. 189 p.

FONTES, E.M.G.; VALADARES-INGLIS, M. C. Controle Biológico De Pragas Da Agricultura. **Embrapa**, Brasília, 2020.

FRANÇA, F.H.; BARBOSA, S.; ÁVILA, A.C. Pragas do pimentão e da pimenta: características e métodos de controle. **Informe Agropecuário**, v.10, n.113, p.61-67, 1984.

FREITAS, L.N. **Atividade de produtos fitossanitários aplicados no tratamento de mudas e pulverização, no controle do tripes (*Frankliniella occidentalis*), vetor do vírus do “vira-cabeça” e do pulgão (*Myzus persicae*) vetor do vírus do “mosaico” na cultura da alface (*Lactuca sativa* L) em cultivo de campo**. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/23881/3/AtividadesProdutosFitossanitarios.pdf>. Acesso em: 02 Jul. 2023.

GAIL, J. O pimentão e a sua importância de produção no campo rural. **Agro20**, 2019. Disponível em: <https://agro20.com.br/pimentao/>. Acesso em: 02 Jul. 2023.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GALVAN, D. **Estudo do Comportamento de *Tetranychus urticae* e *Tetranychus ludeni* sobre cultivares de soja RR e IPRO**. 2017. Dissertação (Mestrado). Centro Universitário Univates, 59p. Lajeado, 2017

GAUSE, G.F.; NASTUKOVA, O.K.; ALPATOV, W.W. The Influence of Biologically Conditioned Media on the Growth of a Mixed Population of *Paramecium caudatum* and *P. aureliax*. **Journal of Animal Ecology**, v. 3, n. 2, p. 222-230, 1934.

GEREMIAS, L.D.; GONÇALVES, P.A.S.; RESENDE, R.S. Avaliação de inseticidas para o controle de *Thrips tabaci* (Lindeman, 1889) (Thysanoptera: Thripidae) em campo, na cultura da cebola. **Entomological Communications**, v.1, ec01011. 2019.

GERLING, D.; MOTRO, U.; HOROWITZ, R.; Dynamics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) attacking cotton in the coastal plain of Israel. **Bulletin of Entomological Research**, v.70, p.213-219.1980.

GRAVENA, S. Controle biológico no manejo integrado de pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p.281-299, 1992.

GUILHOTO, J. et al. PIB da agricultura familiar: Brasil-Estados. 2011. Disponível em: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1803225](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1803225). Acesso em: 02 Jul. 2023.

HARRISON, B.D. Advances in geminivirus research. **Annual Review of Phytopathology**, v.23, p.55-82, 1985.

HORTIFRUTI/CEPEA: **Principais características do pimentão no BR**. Setembro, 2017. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/hortifruti-cepea-principais-caracteristicas-do-pimentao-no-br.aspx>. Acesso em: 10 Abr. 2023.

HORTIFRUTI. Pimentão, a hortaliça que conquistou a culinária mundial. 24/07/2019. Disponível em: <https://saberhortifruti.com.br/pimentao-hortalica/>. Acesso em: 10 Abr. 2023.

IHARA. Ficha Técnica – Ácaro-rajado, 2021. Disponível em: <https://ihara.com.br/wp-content/uploads/sites/96/2021/03/ficha-tecnica-acaro-rajado-ihara.pdf>.

IMMARAJU, J.A. et al. Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) resistance to insecticides in coastal California greenhouses. **Journal of Economic Entomology**, v.85, n.1, p.9-14, 1992.

INBAR, M.; GERLING, D. Plant-mediated interactions between whiteflies, herbivores, and natural enemies. **Annual Review of Entomology**, v.53, p.431-448, 2008.

ISLAM, M.T.; JAHAN, M.; GOTOH, T.; ULLAH, M.S. Host-dependent life history and life table parameters of *Tetranychus truncatus* (Acari: Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology**, v.22, n.12, p.2068-2082, 2017.

JAKOBSEN, L.; ENKEGAARD, A.; BRØDSGAARD, H. F. Interactions between two polyphagous predators, *Orius majusculus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae). **Biocontrol Science and Technology**, v.14, n.1, p.17-24, 2004.

JACOBSON, A.L.; KENNEDY, G.G. The effect of three rates of cyantraniliprole on the transmission of tomato spotted wilt virus by *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella fusca* (Thysanoptera: Thripidae) to *Capsicum annuum*. **Crop Protection**, v.30, n.4, p.512-515, 2011.

JOHNSON, B.L.; SMITH, D.L.; CARLINE, R.F. Habitat preferences, survival, growth, foods, and harvests of walleyes and walleye× sanger hybrids. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 8, n. 3, p. 292-304, 1988.

EVANGELISTA JÚNIOR, W.S.; ZANUNCIO JÚNIOR, J.S.Z.; ZANUNCIO, J.C. Controle biológico de artrópodes pragas do algodoeiro com predadores e parasitoides. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.10, n.3, p.1147-1165, 2006.

FRAKER, M.E.; LUTTBEG, B. Effects of perceptual and movement ranges on joint predator-prey distributions. **Oikos**, v.121, n.12, p.1935-1944, 2012. doi: 10.1111/j.1600-0706.2012.20496.x.

HAMMILL, E.; PETCHEY, O.L.; ANHOLT, B.R. Predator functional response changed by induced defenses in prey. **The American Naturalist**, v.176, n.6, p.723-731, 2010.

HAMMOND, J.I. et al. Predator and prey space use: dragonflies and tadpoles in an interactive game. **Ecology**, v.88, p.1525-1535, 2007.

HOLLING, C.S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **Canadian Entomologist**, v.91, p.385-389, 1959.

KENNETT, C.; HAMAI, J. Oviposition and development in predaceous mites fed with artificial and natural diets (Acari: Phytoseiidae). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.28, p.116–122, 1980.

KNAPP, M. et al. *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) as a biocontrol agent: literature review and new findings. **Acarologia**, v.53, n.2, p.191-202, 2013.

KRIVAN, V. et al. The ideal free distribution: a review and synthesis of the game theoretic perspective. **Theoretical Population Biology**, v.73, p.403-425, 2008.

LAINING, J.E. Life history and life table of *Tetranychus urticae*. **Acarologia**, v.11, n.1, p.32-42, 1969.

LAM, W.; PAYNTER, Q.; ZHANG, Z. Predation, prey preference and reproduction of predatory mites *Amblydromalus limonicus* (Garman), *Amblyseius herbicolus* (Chant) and *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans)(Mesostigmata: Phytoseiidae) on immature *Sericothrips staphylinus* Haliday (Thysanoptera: Thripidae), a biocontrol agent of gorse. **Systematic and Applied Acarology**, v.24, n.3, p.508-519, 2019.



LIMA, S.L. Putting predators back into behavioral predator-prey interactions. **Trends in Ecology & Evolution**, v.17, p.70-75, 2002.

LIMA, S.L. Stress and decision making under the risk of predation: recent development from behavioral, reproductive, and ecological perspectives. **Advances in the Study of Behavior**, v.27, p.215-290, 1998.

LINS JUNIOR, J.C.; SANTOS, J.P. Eficiência de inseticidas para o controle do trips do tomateiro, *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Tripidae) em caçador-SC. In: Congresso Internacional de Ciências Agrárias, 5 (V COINTER PDVAgro), Recife, 2020. Disponível em: <https://cointer.institutoidv.org/smart/2020/pdvagro/uploads/3036.pdf>. Acesso em: 20 Jun. 2023.

MALDONADO, V. O cultivo do pimentão. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, 2000. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/o-cultivo-do-pimentao>. Acesso em: 10 Abr. 2023.

MANGEL, M.; CLARK, C.W. Towards a unified foraging theory. **Ecology**, v.67, n.5, p.1127-1138, 1986.

MANTEL, W.P. Bibliography of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). **Bulletin WPRS**, v.12, n.3, p.29-66, 1989.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Irrigação na cultura do pimentão. Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 101, ed.1, p.20, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/925496/1/1033CT101Pr ova20120312.pdf>.

MARQUES, S.S.; SATO, M.E.; CARVALHO, A.B. Controle biológico de moscas-brancas com *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) (Acari: Phytoseiidae) em cultivo de gerbera. In: Congresso Latinoamericano de Acarologia, 3, Pirenópolis, GO, Resumos, 2017.

MARTIN, J.H.; MOUND, L.A. An annotated check list of whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). **Zootaxa**, v.1492, p.1-84. 2007.

McMURTRY, J.A.; CROFT, B.A. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual review of entomology**, v. 42, n.1, p.291-321, 1997.

MCMURTRY, J. A.; SCRIVEN, G. T. Life-history studies of *Amblyseius limonicus*, with comparative observations on *Amblyseius hibisci* (Acarina: Phytoseiidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.58, n.1, p.106-111, 1965.

McMURTRY, J.A.; SCRIVEN, G.T. Predation by *Amblyseius limonicus* on *Oligonychus punicae* (Acarina): Effects of initial predator-prey ratios and prey

distribution. **Annals of the Entomological Society of America**, v.64, n.1, p.219-224, 1971.

MEDEIROS, M.A.; VILELA, N.J.; FRANÇA, F.H. Eficiência técnica e econômica do controle biológico da traça-do-tomateiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.180-184, 2006.

MEDEIROS, M.A. de; BÔAS, G.L.V. **Tomate**. EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/tomate>. Acesso em 10 Abr. 2023.

MENDES, S.M. et al. Biologia e comportamento do percevejo predador, *Orius insidiosus* (Say, 1832)(Hemiptera: Anthocoridae) em milho Bt e não Bt. **Bioscience Journal**, v.28, n.5, p.753-761, 2012.

MENDES, S.M. et al. Custo da produção de *Orius insidiosus* como agente de controle biológico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p. 441-446, 2005.

MESSELINK, G.J.; VAN STEENPAAL, S.E.F.; RAMAKERS, P.M.J. Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber. **BioControl**, v. 51, n. 6, p. 753-768, 2006.

MOMOL, M.T. et al. Integrated management of tomato spotted wilt on field-grown tomatoes. **Plant Disease**, v.88, n.8, p.882-890, 2004.

MONTEIRO, R.C.; MOUND, L.A.; ZUCCHI, R.A. Espécies de *Frankliniella* (Thysanoptera: Thripidae) de importância agrícola no Brasil. **Neotropical Entomology**, v.30, p. 65-72, 2001.

MONTEIRO, R.C. **Espécies de tripes (Thysanoptera, Thripidae) associadas a algumas culturas no Brasil**. Dissertação (Mestrado), ESALQ/USP, 85p., Piracicaba, 1994.

MORAES, G.J.M., FLECHTMANN, C.H.W. **Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil**. Holos, 2008. 308 p.

MORAES, G.J.M.; BERTI FILHO, E. Controle biológico de pragas no Brasil. **Revista USP**, São Paulo, n.64, p.144-155, 2005.

MORANDI, M.A.B.; BETTIOL, W. Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (Eds.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009.

MOUND, L.A.; GOODWIN, S.; STEINER, M.Y. *Neohydatothrips pseudoannulipes* Johansen (Thysanoptera: Thripidae), a pest thrips on *African marigolds* new to

Australia, with one new synonym. **Australian Journal of Entomology**, v.35, n.3, p.201-202, 1996.

MOUND, L.A.; TEULON, D.A.J. Thysanoptera as phytophagous opportunists. In: MOUND, L.A.; TEULON, D.A.J. (Eds). **Thrips Biology and Management**, Springer Nature, 1995. p.3-19,

NICASTRO, R.L.; SATO, M.E.; SILVA, M.Z. Fitness costs associated with milbemectin resistance in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. **International Journal of Pest Management**, v.57, p.223-228, 2011.

NICASTRO, R.L.; SATO, M.E.; SILVA, M.Z. Milbemectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): selection, stability and cross-resistance to abamectin. **Experimental and Applied Acarology**, v. 50, n. 3, p.231-241, 2010.

OSMAN, M.A.; AL DHAFAR, Z.M.; ALQAHTANI, A.M. Biological responses of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* to different host plant, **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v.52, p.1229-1238, DOI: 10.1080/03235408.2019.1703299

PACHECO, L.F.; DE LIMA, E.P.; ARDENGHI, M.J. Manejo Integrado do ácaro *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em cultura de pimentão *Capsicum annuum* L. Ciência Alimentando o Brasil Disponível em: <https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/Alimentando2ed/pdf/Alimentando2ed-09-SNCT2016.pdf>. Acesso em: 10 Abr. 2023.

PAP, T. **Avaliação da transmissão do *Tomato yellow vein streak virus* (ToYVSV) por *Bemisia tabaci* biótipo B–MEAM 1 (Hemiptera: Aleyrodidae) e controle biológico por *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) em batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico, São Paulo. 2016. Disponível em: <http://repositoriobiologico.com.br/jspui/handle/123456789/208>. Acesso em: 02 Jul. 2023.

PARRA, J.R.P. Situação do Controle Biológico no Brasil (2016). Workshop Desafios da Pesquisa em Controle Biológico na Agricultura no Estado de São Paulo. Disponível em: [https://fapesp.br/eventos/2016/02/cb/Jose\\_Roberto.pdf](https://fapesp.br/eventos/2016/02/cb/Jose_Roberto.pdf). Acesso em: 18 Abr. 2023.

PARRA, J.R.P. et al. Controle biológico: terminologia. In: PARRA, J.R.P. *et al.* **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, p.1-16. 2002.

PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, v.33, n.3, p.271-281, 2004.

PEPPER GEEK. *Capsicum annuum* – A Beautifully Diverse Pepper Species. Last updated: 27/02/2023. Disponível em: <https://peppergeek.com/capsicum-annuum/> Acesso em: 10 Abr. 2023.

PHILIP, J.R. Note on the mathematical theory of population dynamics and a recent fallacy. **Australian Journal of Zoology**, v. 3, n. 3, p. 287-294, 1955.

PRASLIČKA, J.; HUSZÁR, J. Influence of temperature and host plants on the development and fecundity of the spider mite *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). **Plant Protection Science**, v. 40, n. 4, p. 141, 2004.

QUEIROZ, A.P. de. **Tripes (Thysanoptera: Thripidae): identificação de espécies e vírus associado à cultura da melancia**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2015. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/385/1/Ananias%20Pinto%20de%20Queiroz%20%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 02 Jul. 2023.

RAIS, D.S.; SATO, M.E.; SILVA, M.Z. da. Detecção e monitoramento da resistência do tripes *Frankliniella occidentalis* ao inseticida espinosade. **Bragantia**, v.72, p.35-40, 2013.

RAMIREZ, O.A.; SAUNDERS, J.L. Estimating economic thresholds for pest control: an alternative procedure. **Journal of Economic Entomology**, v. 92, n. 2, p. 391-401, 1999.

RIBEIRO, C.S. da C.; CRUZ, D.M.R. Tendências de mercado, **Revista Cultivar**, 2015. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/tendencias-demercado>. Acesso em: 10 mar. 2023.

RICKLEFS, R.E. **A economia da Natureza**. 2010. 6 ed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

ROSENHEIM, J.A. Intraguild predation of *Orius tristicolor* by *Geocoris* spp. and the paradox of irruptive spider mite dynamics in California cotton. **Biological Control**, v.32, n.1, p.172-179, 2005.

RUTLEDGE, C.E.; O'NEIL, R.J. *Orius insidiosus* (Say) as a predator of the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura. **Biological Control**, v. 33, n. 1, p. 56-64, 2005.

SABELIS, M.W.; VAN RIJN, P.C.J. Predation by insects and mites. In: LEWIS, T. (Ed.). **Thrips as Crop Pests**, p. 259-354, 1997. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Paul-VanRijn/publication/241873876\\_The\\_Impact\\_of\\_Supplementary\\_Food\\_on\\_a\\_Prey-Predator\\_Interaction/links/56979df508ae34f3cf1f066](https://www.researchgate.net/profile/Paul-VanRijn/publication/241873876_The_Impact_of_Supplementary_Food_on_a_Prey-Predator_Interaction/links/56979df508ae34f3cf1f066)

4/The-Impact-of-Supplementary-Food-on-a-Prey-Predator-Interaction.pdf. Acesso em: 02 Jul. 2023.

SACOLÃO DA SANTA. Tipos de Pimentão. Agosto, 2021. Disponível em: <https://www.sacolaodasanta.com.br/dicas-nutritivas/post/tipos-de-pimentao/>. Acesso em: 10 Abr. 2023.

SACRAMENTO, F. do. **Caracterização de genótipos de morangueiro quanto à resistência à *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, 2016.

SAMARAS, K. et al. Pollen suitability for the development and reproduction of *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae). **BioControl**, v. 60, p. 773-782, 2015.

SATO, M.E. et al. Resistência de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) a acaricidas em pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) em Paranapanema e Jundiá, SP. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 67, n. 1, p. 52-61, 2000.

SATO, M.E.; SILVA, M. da; GONÇALVES, L.R.; SOUZA FILHO, M.F. de; RAGA, A. Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. **Neotropical Entomology**, v.31, p.449-456, 2002.

SATO, M.E. Uso de ácaros predadores para o controle biológico de ácaro-rajado. Tecnologia Sustentável. São Paulo: Instituto Biológico, 2015. Disponível em: [http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/tecnologia\\_sustentavel/acaros\\_predadores.pdf](http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/tecnologia_sustentavel/acaros_predadores.pdf)

SATO, M.E.; MIYATA, T.; SILVA, M. da; RAGA, A.; SOUZA FILHO, M.F. de Selections for fenpyroximate resistance and susceptibility, and inheritance, cross-resistance and stability of fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Applied Entomology and Zoology**, v.39, p.293-302, 2004.

SATO, M.E.; SILVA, M.Z. da; CANGANI, K.G.; RAGA, A. Seleções para resistência e suscetibilidade, detecção e monitoramento da resistência de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) ao acaricida clorfenapir. **Bragantia**, v.66, n.1, p.89-95, 2007.

SATO, M.E.; SILVA, M.Z. da; RAGA, A.; SOUZA FILHO, M.F. de. Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. **Neotropical Entomology**, v. 34, n.6, 2005.

SATO, M.E.; VERONEZ, B.; STOCCO, R.S.M.; QUEIROZ, M.C.V.; GALLEGU, R. Spiromesifen resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): Selection, stability, and monitoring. **Crop Protection**, v.89, p.278-283, 2016.

SCHOELLER, E.N.; MCKENZIE, C.L.; OSBORNE, L.S. Comparison of the phytoseiid mites *Amblyseius swirskii* and *Amblydromalus limonicus* for biological control of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 82, n. 3, p. 309-318, 2020.

SHIH, C. T.; POE, S.L.; CROMROY, H.L. Biology, life table, and intrinsic rate of increase of *Tetranychus urticae*. **Annals of the Entomological Society of America**, v.69, n.2, p.362-364, 1976.

SIH, A. Game theory and predator-prey response races. In: DUGATKIN, L.A.; REEVE, H.K. (Eds.). **Advances in game theory and the study of animal behavior**. Oxford Univ. Press, 1998. p.221-238.

SIH, A. Predator-prey space use as an emergent outcome of a behavioral response race. In: BARBOSA, P.; CASTELLANOS, I. (Eds.). **Ecology of predator-prey interactions**. Oxford Univ. Press, 2005. p. 240-255.

SIH, A. The behavioral response race between predator and prey. **The American Naturalist**, v.123, p.143-150, 1984.

SILVA, M.Z., OLIVEIRA, C.A.L. Toxicidade residual de alguns agrotóxicos recomendados na agricultura sobre *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, p.085-090, 2007.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; NOVA, N. A. V. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba, SP: ESALQ, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1976, 419 p.

SOHRABI, F. et al. Intraguild predation by the generalist predator *Orius majusculus* on the parasitoid *Encarsia formosa*. **BioControl**, v. 58, p. 65-72, 2013.

SOHRABI, F.; ENKEGAARD, A.; SHISHEHBOR, P.; SABER, M.; MOSADDEGH, M.S. Intraguild predation by the generalist predator *Orius majusculus* on the parasitoid *Encarsia formosa*. **BioControl**, v.58, n.1, p.65-72. doi:10.1007/s10526-012-9468-9, 2012.

SOLOMON, M.E. The natural control of animal populations. **Journal of Animal Ecology**, v.18, p.1-35, 1949.

SOSA-GÓMEZ, D.R. et al. Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja. **Embrapa Soja**, Londrina, 2014.

SOUSA, A.L. V. et al. Behavioral response of the generalist predator *Orius insidiosus* to single and multiple herbivory by two cell content-feeding herbivores on rose plants. **Arthropod-plant interactions**, v.14, p.227-236, 2020.

SPADOTTI, D.M.A. **Avaliação da produção e concentração viral em pimentão infectado por tospovírus com o uso de piraclostrobina+ metiram.** Tese (doutorado), FCA UNESP, 47 f., Botucatu, 2016.

SPRAGUE, D.; FUNDERBURK, J.; LUCKY, A. Flower Thrips: *Frankliniella tritici* (Fitch)(Insecta: Thysanoptera: Thripidae). EENY-720/IN1236. EDIS 2019. <https://doi.org/10.32473/edis-in1236-2019>, 2018.

STOCCO, R.S.M.; SATO, M.E.; SANTOS, T.L. Stability and fitness costs associated with etoxazole resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology**, v.69, n.4, p.413-425, 2016.

URBANEJA, A. et al. Efficacy of five selected acaricides against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and their side effects on relevant natural enemies occurring in citrus orchards. **Pest Management Science**, v. 64, n. 8, p. 834-842, 2008.

Van BAALEN, M.; SABELIS, M.W. Nonequilibrium population dynamics of 'Ideal and free' prey and predators. **American Naturalist**, v.154, p.69-88, 1999.

Van HOUTEN, Y.M.; ROTHE, J.; BOLCKMANS, K.J.F. The generalist predator *Typhlodromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae): a potential biological control agent of thrips and whiteflies. **IOBC WPRS Bulletin**, v.32, p.237-240. 2008.

Van HOUTEN, Y.M.; van RIJN, P.C.J.; TANIGOSHI, L.K.; van STRATUM, P.; BRUIN, J. Preselection of predatory mites to improve year-round biological control of western flower thrips in greenhouse crops. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.74, p.225-234, 1995.

VANGANSBEKE, D. et al. Egg predation by phytoseiid predatory mites: Is there intraguild predation towards predatory bug eggs? **Journal of Economic Entomology**, v.115, n.4, p.1087-1094, 2022.

VANGANSBEKE, D. et al. Performance of the predatory mite *Amblydromalus limonicus* on factitious foods. **BioControl**, v. 59, p. 67-77, 2014.

VENZON, M.; JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Prey preference and reproductive success of the generalist predator *Orius laevigatus*. **Oikos**, v.97, n.1, p.116-124, 2002.

WALZER, A.; SCHAUSBERGER, P. Cannibalism and interspecific predation in the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. **BioControl**, v.43, p.469-478, 1999.

WANG, L. et al. A bioassay for evaluation of the resistance of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) to selected acaricides. **Systematic and Applied Acarology**, v.20, n.6, p.579-590, 2015.

WATANABE, M.A. et al. Controle biológico do ácaro rajado com ácaros predadores fitoseídeos (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) em culturas de pepino e morango. **Scientia Agricola**, v.51, p.75-81, 1994.

XIAO, Y.; OSBORNE, L.S.; CHEN, J.; MCKENZIE, C.L. Functional responses and prey-stage preferences of a predatory gall midge and two predacious mites with twospotted spider mites, *Tetranychus urticae*, as host. **Journal of Insect Science**, v.13, n.8, p.1-12, 2013. doi:10.1673/031.013.0801

XU, Y.; ZHANG, Z. *Amblydromalus limonicus*: a “new association” predatory mite against an invasive psyllid (*Bactericera cockerelli*) in New Zealand. **Systematic and Applied Acarology**, v.20, n.4, p.375-382, 2015.

YANG, J. et al. Prey preference, reproductive performance, and life table of *Amblyseius tsugawai* (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Tetranychus urticae* and *Bemisia tabaci*. **Systematic and Applied Acarology**, v.24, n.3, p.404-413, 2019.