

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

POTENCIAL DE *Eriopis connexa* e *Hippodamia convergens*
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) NO CONTROLE DE
ÁCAROS TETRANÍQUÍDEOS E DO PULGÃO-VERDE-DO-
PESSEGUEIRO

Sidnéia Terezinha Soares de Matos

Bióloga

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**POTENCIAL DE *Eriopis connexa* e *Hippodamia convergens*
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) NO CONTROLE DE
ÁCAROS TETRANIQUÍDEOS E DO PULGÃO-VERDE-DO-
PESSEGUEIRO**

Sidnéia Terezinha Soares de Matos

Orientador: Dr. Daniel Júnior de Andrade

Coorientadora: Dra. Terezinha Monteiro dos Santos Cividanes

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola).

M433p Matos, Sidnéia Terezinha Soares de
Potencial de *Eriopis connexa* e *Hippodamia convergens*
(coleoptera: coccinellidae) no controle de... / Sidnéia Terezinha Soares
de Matos. -- Jaboticabal, 2020
116 p. : tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Daniel Júnior de Andrade
Coorientadora: Terezinha Monteiro dos Santos Cividanes

1. Coccinelideo. 2. *Tetranychus urticae*. 3. Pragas. 4. *Tetranychus*
ogmophallos. 5. *Myzus persicae*. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: POTENCIAL DE *Eriopis connexa* E *Hippodamia convergens* (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) NO CONTROLE DE ÁCAROS TETRANIQUÍDEOS E DO PULGÃO-VERDE-DO-PESSEGUEIRO

AUTORA: SIDNÉIA TEREZINHA SOARES DE MATOS

ORIENTADOR: DANIEL JUNIOR DE ANDRADE

COORIENTADORA: TEREZINHA MONTEIRO DOS SANTOS CIVIDANES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DANIEL JUNIOR DE ANDRADE (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

P/ Profa. Dra. LAÍS DA CONCEIÇÃO DOS SANTOS (Participação Virtual)
Faculdade Quirinópolis-FAQUI / Quirinópolis/GO

P/ Profa. Dra. NILZA MARIA MARTINELLI (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

P/ Prof. Dr. ALEXANDRE DE SENE PINTO (Participação Virtual)
Departamento de Ciências Agrárias / Centro Universitário Moura Lacerda - Ribeirão Preto/SP

P/ Prof. Dr. SERGIO ANTONIO DE BORTOLI (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 30 de novembro de 2020

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

SIDNÉIA TEREZINHA SOARES DE MATOS - Filha de Geraldo Soares de Oliveira e Maria do Rosário de Matos Soares, natural de Chapada do Norte-MG. Formada em Ciências Biológicas pela Faculdade de Educação São Luís, Jaboticabal-SP, no ano de 2008, e em Engenharia Ambiental, pelo Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos-SP, no ano de 2013. Foi Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), modalidade Treinamento Técnico III, no período de abril de 2010 a agosto de 2010, Iniciação Científica no período de janeiro de 2011 a dezembro de 2011 e Treinamento Técnico III, no período de novembro de 2012 a agosto de 2014. Em fevereiro de 2017, concluiu o Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Câmpus de Jaboticabal-SP, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e desenvolveu a dissertação na linha de pesquisa em Ecologia de Insetos na cultura de noqueira-macadâmia, sob orientação do Prof. Dr. Francisco Jorge Cividanes e coorientação da Dra. Terezinha Monteiro dos Santos Cividanes. Em março de 2017, iniciou o Doutorado pela mesma Universidade. Foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e desenvolveu tese na linha de pesquisa de controle biológico de ácaros e pulgões com insetos da família Coccinellidae, sob orientação do Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade e coorientação da Dra. Terezinha Monteiro dos Santos Cividanes, cujos resultados são apresentados na presente tese.

E-mail: sidimatos@yahoo.com.br

Os caminhos que ora seguimos
e por vezes nos parecem vazios
são na verdade leitos de rios
de cuja fonte intermitente bebemos.

Se abrimos nossos olhos e alma
esquecemos todos os receios
encontramos incontáveis meios
de alcançar os sonhos com calma.

São tantas as forças desta correnteza
e mãos amigas e firmes nos auxiliam no leme
quem segue com Deus nada teme
e o que era dúvida torna-se certeza.

Sou grato à natureza de minha origem,
aos calos adquiridos na vida
ao aprendizado nos livros e na lida
aos que foram, aos que ficam e aos que vêm.

Se houve momentos de desalento
venci como quem vence o perigo
certo de que Deus e os meus amigos são comigo
e deles vêm a conquista de meu intento.

Tudo que fiz foi com paixão
e aos que estiveram junto a mim
não existe outro jeito que não seja assim
para expressar minha gratidão.

(Mauro Gouvêa)

DEDICO

Aos meus pais, Geraldo Soares de Oliveira e Maria do Rosário de Matos Soares, aos meus irmãos Sinésia Soares de Matos, Sirlene Soares de Matos e Sidney Soares de Matos e aos meus cunhados Anarlete Ursulino Alves e Anderson Barbosa, pelo amor, incentivo, apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo amor eterno e incondicional.

Ao meu orientador Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade, por seu apoio, incentivo, valiosa orientação e conhecimentos transmitidos durante esta caminhada.

À minha coorientadora Dra. Terezinha Monteiro dos Santos Cividanes, pela ajuda, conhecimentos transmitidos, palavras de incentivo e conselhos.

Ao Prof. Dr. Francisco Jorge Cividanes, pelos ensinamentos e oportunidades oferecidas.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, pela oportunidade concedida e apoio fornecido.

Ao Departamento de Ciências da Produção Agrícola, em especial ao setor de Fitossanidade da FCAV/Unesp, por toda a infraestrutura fornecida.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), pelos conhecimentos transmitidos durante as disciplinas ministradas.

Aos Professores Dr. Arlindo Leal Boiça Júnior e Dra. Nilza Maria Martinelli, pela participação e colaboração em meu Exame Geral de Qualificação.

Aos integrantes do Laboratório do Grupo de Estratégias e Manejo de Ácaros Neotropicais (GEMAN), Patrice Jacob Savi, Claudiane Martins da Rocha, Daiana Paixão Nogueira Silva, Jaqueline Franciosi Della Vechia, Ana Beatriz Piai Kaap, Leilane Martins Lacerda e Matheus Cardoso de Castro, pelo auxílio em todos os momentos necessários, companheirismo, conselhos e, principalmente, pela amizade construída ao longo dos anos.

Às minhas amigas, Laís da Conceição dos Santos, Crislany de Lima Barbosa Andrade e Michele Aparecida Di Giorgi, pelo carinho, conselhos valorosos em momentos de dificuldade, parceria e amizade sincera, que facilitaram esta caminhada.

Aos colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) da FCAV/Unesp, pela convivência e participação junto às disciplinas e cursos realizados.

Aos funcionários e amigos do Setor de Fitossanidade, Cibeles da Silva Anton, Natalina Donizeti Curci, Alex Antônio Ribeiro e Dionísio Celso de Figueiredo Neto, pela atenção e auxílio prestado.

À Promip, pelo fornecimento de ovos de *Ephestia Kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae).

Ao professor Vitório Barato Neto, pela revisão gramatical da tese.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
1. Introdução	1
2. Revisão de literatura	3
2.1 Importância dos ácaros tetraniquídeos	3
2.2 Pulgão <i>Myzus persicae</i>	5
2.2 Importância dos coccinelídeos.....	6
2.1.1 <i>Eriopis connexa</i>	7
2.1.2 <i>Hippodamia convergens</i>	8
2.3 Tabela de vida	9
2.4 Resposta funcional	10
2.5 Seletividade	11
3. Referências	12
CAPÍTULO 2 - Adequação de ácaros tetraniquídeos e do pulgão-verde-do-pessegueiro como presa para <i>Eriopis connexa</i> (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae).....	30
1. Introdução	32
2. Material e Métodos.....	33
2.1 Criação de <i>Eriopis connexa</i>	33
2.2 Criação de <i>Myzus persicae</i>	34
2.3 Criação de ácaros tetraniquídeos	34
2.4 Aspectos biológicos de <i>Eriopis connexa</i>	35
2.5 Análise estatística	36
3. Resultados	37
4. Discussão.....	44
5. Referências	47
CAPÍTULO 3 - Adequação de diferentes espécies de presas para o predador <i>Hippodamia convergens</i> Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae)	53
1. Introdução	55
2. Material e Métodos.....	56
2.1 Criação de <i>Hippodamia convergens</i>	56
2.2 Criação de <i>Myzus persicae</i>	56

2.3 Criação de ácaros tetraniquídeos	57
2.4 Aspectos biológicos de <i>Hippodamia convergens</i>	57
2.5 Análise estatística	58
2. Resultados	60
3. Discussão.....	65
4. Referências	67
CAPÍTULO 4 - Resposta funcional de <i>Eriopis connexa</i> (German) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentada com ácaros tetraniquídeos	73
1. Introdução	75
2. Materiais e Métodos.....	76
2.1 Criação de <i>Eriopis connexa</i>	76
2.2 Criação de ácaros tetraniquídeos	77
2.3 Avaliação de resposta funcional	77
2.4 Análise dos dados.....	78
3. Resultados	79
4. Discussão.....	83
5. Referências	85
CAPÍTULO 5 - Toxicidade e efeito subletal de acaricidas sobre o predador <i>Eriopis connexa</i> (Coleoptera: Coccinellidae)	91
1. Introdução	93
2. Material e Métodos.....	94
2.1 Criação de <i>Eriopis connexa</i>	94
2.2 Produtos químicos	95
2.3 Efeitos sobre ovos.....	95
2.4 Efeitos sobre larvas e adultos	97
2.5 Parâmetros demográficos	97
3. Resultados	98
3.1 Efeitos sobre ovos.....	98
3.2 Efeitos sobre larvas.....	101
3.3 Efeitos sobre adultos.....	103
3.4 Efeitos sobre os parâmetros demográficos.....	103
4. Discussão.....	105
5. Referências	108

CAPÍTULO 6 – Considerações finais	115
---	-----

POTENCIAL DE *Eriopis connexa* e *Hippodamia convergens* (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) NO CONTROLE DE ÁCAROS TETRANIQUÍDEOS E DO PULGÃO-VERDE-DO-PESSEGUEIRO

RESUMO – Os coccinelídeos estão entre os agentes de controle biológico natural mais eficientes no controle de pragas. *Eriopis connexa* (Germar) e *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville ocorrem naturalmente em diversos agroecossistemas e apresentam grande eficiência predatória sobre diversas pragas. O presente trabalho objetivou avaliar o potencial desses dois predadores no controle de *Tetranychus urticae* Koch, *Tetranychus ogmophallos* Ferreira e Flechtmann Ferreira e Flechtmann, *Tetranychus evansi* Baker e Pritchard e do pulgão *Myzus persicae* (Sulzer). Foram realizados experimentos em laboratório, visando a avaliar os parâmetros demográficos e a resposta funcional dos predadores em função de diferentes presas. Além disso, avaliou-se a seletividade de diversos acaricidas a estes predadores. *Eriopis connexa* completou o desenvolvimento biológico sobre todas as presas, exceto quando alimentada com *T. evansi*. O tempo de desenvolvimento e a mortalidade dos estágios imaturos de *E. connexa* foram menores ao serem alimentadas com *T. urticae* e *M. persicae*. Os dias de oviposição e a fecundidade das fêmeas foram maiores com estas mesmas presas. Joaninhas alimentadas com *T. urticae* e *M. persicae* apresentaram maiores taxas reprodutivas líquidas (R_0), taxas intrínsecas de aumento (r) e taxas finitas de aumento (λ). Por outro lado, *H. convergens* completou o desenvolvimento somente quando alimentada com *M. persicae*. Quando oferecidos ácaros tetraniquídeos, larvas de *H. convergens* morreram antes da fase de pupa. Larvas de *E. connexa* exibiram resposta funcional do tipo II quando alimentadas com *T. urticae* e *T. ogmophallos*. Larvas de quarto instar de *E. connexa* apresentaram tempos de manuseio menores em comparação aos estádios anteriores. A taxa de ataque foi superior em larvas de *E. connexa* alimentadas com *T. urticae*, em comparação àquelas alimentadas com *T. ogmophallos*. Com relação à seletividade, abamectina e oxymatrine causaram 100% de mortalidade de larvas de primeiro instar de *E. connexa*, enquanto propargite, espiromesifeno e fenpiroximato não afetaram a sobrevivência larval deste predador, mas afetaram a fecundidade, a fertilidade e a longevidade das fêmeas. Abamectina e oxymatrine reduziram a sobrevivência, a fecundidade e a fertilidade de adultos de *E. connexa*. Propargite, espiromesifeno e fenpiroximato, quando aplicados diretamente sobre os adultos de *E. connexa*, não apresentaram efeito significativo.

Palavras-chave: Coccinelídeo, pragas, *Tetranychus urticae*, *Tetranychus ogmophallos*, *Myzus persicae*.

POTENTIAL OF *Eriopis connexa* and *Hippodamia convergens* (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) IN THE CONTROL OF SPIDER MITES AND GREEN PEACH APHID

ABSTRACT – Coccinellids are among the most efficient biological control agents for pest control. *Eriopis connexa* (Germar) and *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville occur naturally in several agroecosystems and make them good candidates for pest control. This study accessed under laboratory conditions the potential of these two predators for controlling *Tetranychus urticae* Koch, *Tetranychus ogmophallos* Ferreira and Flechtmann, *Tetranychus evansi* Baker and Pritchard, and the aphid *Myzus persicae* (Sulzer). For this purpose, we firstly evaluated the demographic parameters and the functional response of these predators feeding on different prey. We also determined the selectivity of different acaricides commonly used in strawberry crops on *E. connexa* stages (eggs, larvae, and adults). *Eriopis connexa* completed biological development on all prey, except on *T. evansi*. The development time and mortality rate of *E. connexa* immature stages were shorter on *T. urticae* and *M. persicae*. The oviposition days and the fecundity were also higher on these same preys. *Eriopis connexa* feeding on *T. urticae* and *M. persicae* showed higher net reproductive rate (R_0), intrinsic rate of increase (r) and finite rate of increase (λ). Conversely, *H. convergens* completed immature development only on *M. persicae*. *Hippodamia convergens* could not complete immature development reared on spider mites, dying before reaching the pupal stage. *Eriopis connexa* larvae exhibited type II functional response on *T. urticae* and *T. ogmophallos*. *Eriopis connexa* fourth instar larvae showed handling time shorter compared to the previous stages. The attack rate of *E. connexa* larvae was higher on *T. urticae* than on *T. ogmophallos*. The selectivity results showed that abamectin and oxymatrine caused 100% mortality of *E. connexa* first instar larvae. Propargite, spiromesifene, and fenpyroximate did not affect the larval survival of this predator but did affect the fecundity, fertility and longevity of the females. However, abamectin and oxymatrine reduced the larval survival, fecundity and fertility of *E. connexa* adults. Topical exposure of propargite, spiromesifene and fenpyroximate, did not cause significant effect on *E. connexa* adults.

Keywords: Coccinellid, pest, *Tetranychus urticae*, *Tetranychus ogmophallos*, *Myzus persicae*.

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. Introdução

A família Coccinellidae agrupa insetos comumente chamados de joaninhas e possui aproximadamente 6.000 espécies distribuídas em diversos ecossistemas. A maioria das espécies desta família é predadora, tanto na fase larval, quanto na fase adulta (Ipertí, 1999; Jun et al., 2019). Esta família é reconhecida por suas contribuições como insetos benéficos, entre os quais diversas espécies possuem papel importante como reguladores de populações de artrópodes-praga, como pulgões, cochonilhas, moscas-brancas e ácaros (Costa et al., 2017; Fidelis et al., 2018; Pérez-Rodríguez et al., 2019).

Dentre as espécies de coccinelídeos predadores, *Eriopis connexa* (Gemar) e *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville) (Coleoptera: Coccinellidae) apresentam enorme potencial para utilização no controle biológico de pragas (Santos et al., 2013; Silva et al., 2013b). Estas espécies apresentam elevada capacidade de predação, forrageamento e polifagia (Santos, 2012; Santos, 2016a). Além disso, são encontradas naturalmente em diversos cultivos agrícolas (Sarmiento et al., 2004; Sarmiento et al., 2007; Lixa et al., 2010). Há décadas, o potencial destes coccinelídeos no controle de artrópodes-praga tem sido avaliado e explorado pelos pesquisadores (Dogan et al., 1996; Gyenge et al., 1998; Jessie et al., 2015; Pereira, 2017).

Ácaros e pulgões apresentam importância como pragas em inúmeras culturas agrícolas (Aranda, 2020; Vieira et al., 2016). Dentre as espécies de ácaros-praga, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) é considerada a mais importante, por causar elevados prejuízos econômicos em diversas culturas agrícolas e pelos inúmeros relatos de resistência aos produtos químicos (Boom et al., 2003; Ferreira et al., 2015; Hata et al., 2016). No entanto, outras espécies de ácaros também vêm se destacando, como *Tetranychus evansi* Baker e Pritchard (Acari: Tetranychidae) e *Tetranychus ogmophallos* Ferreira e Flechtmann (Acari: Tetranychidae) que se caracterizam como pragas emergentes nas culturas do tomateiro e do amendoim, respectivamente (Melville et al., 2019; Savi et al., 2019; Bonato et al., 2000).

Com relação aos pulgões, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) é considerada a espécie de maior importância em termos mundiais (Bass et al., 2014;

Elhakim et al., 2020). Esta espécie apresenta ampla distribuição geográfica, vasto número de hospedeiros e é transmissora de mais de 100 doenças viróticas em aproximadamente 40 famílias de plantas, incluindo várias espécies de importância econômica, como tomate *Solanum lycopersicum* (L.), couve *Brassica oleracea* (L.), pêssago *Prunus persica* (L.), entre outras (Ribeiro et al., 2006; Civolani et al., 2010; Bass et al., 2014; Sun et al., 2018). Além da transmissão de viroses, *M. persicae* também é capaz de ocasionar danos diretos, através da sucção de seiva, que resulta no enrolamento de folhas e de brotos novos das plantas (Silva et al., 2013b; Sun et al., 2018).

Aplicações de acaricidas e inseticidas são o principal método utilizado para controle populacional de ácaros e pulgões nos agroecossistemas. Entretanto, o uso prolongado e não adequado destes produtos pode selecionar populações de pragas resistentes, causar o ressurgimento de pragas-alvo e surtos de pragas secundárias (Cordeiro et al., 2013; Guedes et al., 2016). Além disso, acarreta efeitos prejudiciais ao meio ambiente, aumento dos custos de produção e contribui para menor sustentabilidade ambiental do agroecossistema (Bass et al., 2014; Azandémè-Hounmalon et al., 2015; Sato et al., 2016).

Neste contexto, a utilização de agentes de controle biológico constitui fator primordial na implementação de Programas de Manejo Integrado em sistemas agrícolas (Orr et al., 2014; Baker et al., 2019). O controle biológico de pragas, utilizando coccinelídeos predadores, vem sendo realizado com sucesso há mais de 100 anos e tem contribuído para a condução das culturas agrícolas dentro do contexto da sustentabilidade. Pois, além de atuar de forma harmoniosa com o meio ambiente, é um método de controle que traz benefícios do ponto de vista social, econômico e ecológico (Parra, 2014; Baratt et al., 2017).

Em Programas de Controle Biológico, o período de desenvolvimento do predador e sua capacidade de predação exercem grande influência em sua capacidade de reduzir populações das presas (Michaud e Olsen, 2004; Castro, 2011). A qualidade da presa pode afetar o desenvolvimento, a longevidade e o potencial reprodutivo do inimigo natural. Desta forma, informações referentes à biologia do predador podem indicar se o inimigo natural apresenta potencial no controle da respectiva praga (Castro, 2011; Lumbierres et al., 2018; Farooq et al., 2020).

Devido à importância de *E. connexa* e *H. convergens* como agentes de controle biológico e a necessidade de estudos que melhorem as táticas de manejo de ácaros e de pulgões em agroecossistemas, este estudo teve como objetivos: a) avaliar os aspectos biológicos desses predadores alimentados com *T. urticae*, *T. ogmophallos*, *T. evansi* e *M. persicae*; b) avaliar a resposta funcional dos diferentes estádios larvais de *E. connexa*; e c) estudar os efeitos de acaricidas comumente utilizados em diversos cultivos agrícolas sob os diferentes estágios de desenvolvimento de *E. connexa*.

2. Revisão de literatura

2.1 Importância dos ácaros tetraniquídeos

A família Tetranychidae compreende espécies de ácaros estritamente fitófagos (Moraes e Flechtmann, 2008). Esta família é considerada a mais importante em termos de impacto econômico, pois abrange várias espécies de pragas agrícolas de grande relevância para diversas culturas (Moraes e Flechtmann, 2008; Clotuche et al., 2011; Migeon e Dorkeld, 2020). Dentre as espécies de ácaros tetraniquídeos, destaca-se o ácaro-rajado, *T. urticae*, importante praga em diversos cultivos, o ácaro-vermelho-do-amendoim, *T. ogmophallos*, e o ácaro-vermelho-do-tomateiro, *T. evansi*, importantes pragas na cultura do amendoim e do tomateiro, respectivamente (Zhang, 2003; Melville et al., 2019; Savi et al., 2019).

Tetranychus urticae é uma espécie cosmopolita considerada o ácaro-praga de maior importância mundial (Fadini et al., 2004). É uma espécie altamente polífaga, relatada em mais de 1.100 espécies de plantas, causando prejuízos elevados em diversas partes do mundo (Girbic et al., 2011). Diversas características contribuem para elevar o *status* desse ácaro como praga, incluindo a polifagia, o alto potencial reprodutivo e o ciclo biológico curto (Devine et al., 2001; Vassiliou e Kitsis, 2013). No Brasil, os danos causados por *T. urticae* têm sido observados em diversas culturas, incluindo alface *Lactuca sativa* (L.), algodão *Gossypium* spp., amendoim *Arachis hypogaea* (L.), batata *Solanum tuberosum* (L.), berinjela *Solanum melongena* (L.), feijão *Phaseolus vulgaris* L., pepino *Cucumis sativus* L. e morango *Fragaria* spp.

(Watanabe et al., 1994; IRAC, 2017). No morangueiro, *T. urticae* pode causar redução de até 80% da produtividade (Fadini et al., 2004). Pesquisa realizada com diferentes cultivares de berinjela demonstrou perdas de até 70% no peso de frutos (Anaraki et al., 2007). Muitos aspectos da biologia do ácaro, incluindo ciclo de vida curto e alta fecundidade, favorecem a rápida evolução da resistência a diversas moléculas químicas (IRAC, 2017). Neste contexto, o controle de *T. urticae* tem recebido destaque nos últimos anos, principalmente pela busca de alternativas ao controle químico convencional (Jacobsen et al., 2019; Tiftikçi et al., 2020).

O ácaro-vermelho-do-amendoim, *T. ogmophallos*, foi detectado pela primeira vez em Goiás (Ferreira e Flechtmann, 1997) e espalhou-se para as demais regiões, incluindo os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Acre (Ferreira e Flechtmann, 1997; Lourenção et al., 2001; Flechtmann, 2004; Chiaradia e Oliveira, 2009; Santos, 2016b). Trata-se de uma praga emergente em áreas de cultivo de amendoim, podendo causar danos a todos os estágios de desenvolvimento da planta (Melville et al., 2019). As injúrias causadas pelos ácaros resultam na perda de clorofila foliar, redução da taxa fotossintética, queda precoce de folhas, redução do porte das plantas, o que afeta substancialmente a produtividade das plantas (Lourenção et al., 2001; Melville, 2015; Melville et al., 2018). Nos últimos anos, vários surtos de *T. ogmophallos* foram observados em áreas produtoras de amendoim (Santos, 2016b; Santos et al., 2018). Vários fatores foram mencionados como responsáveis por estes surtos, dentre os quais se destacam os períodos de seca prolongados, o uso de novas variedades com características que podem favorecer o desenvolvimento do ácaro e o efeito hormese causado por produtos químicos utilizados na cultura (Bonato et al., 2000; Melville et al., 2019). Além disso, o curto tempo de geração permite que *T. ogmophallos* atinja densidades prejudiciais em curto período de tempo (Melville et al., 2018).

O ácaro-vermelho-do-tomateiro, *T. evansi*, tem como provável centro de origem a América do Sul (Rosa et al., 2005). Este ácaro já foi relatado infestando mais de 136 espécies de plantas hospedeiras; no entanto possui preferência por plantas da família Solanaceae (Moraes et al. 1987). *Tetranychus evansi* já foi registrado em mais de 40 países, incluindo países da América do Sul, Europa, Ásia e África (Knapp et al., 2003; Migeon, 2007; Migeon et al., 2009; Tian et al., 2019). Na África, este ácaro é considerado importante praga em regiões produtoras de tomate, onde foram observadas reduções de até 90% da produtividade nessa cultura (Sarr,

2002).

O controle químico é a principal estratégia utilizada para o controle de *T. ogmophallos*, *T. evansi* e *T. urticae* (Barbosa et al., 2018; Savi et al., 2019). No entanto, o uso indiscriminado de acaricidas implica a presença de resíduos químicos, desequilíbrio biológico, contaminação ambiental e seleção de populações resistentes (Sibanda et al., 2000; Furtado et al., 2007). Neste contexto, diversos estudos têm sido realizados visando a encontrar inimigos naturais eficientes para o controle destes ácaros (Moraes e McMurtry, 1985; Escudero e Ferragut, 2005; Fiaboe et al., 2007; Amaral et al., 2020).

2.2 Pulgão *Myzus persicae*

O pulgão-verde-do-pessegueiro, *M. persicae*, é uma espécie cosmopolita e polífaga, com uma gama de mais de 500 espécies de plantas hospedeiras distribuídas em 50 famílias, incluindo diversas culturas agrícolas (Blackman e Eastop, 2000; Cao et al., 2016), dentre as quais se destacam arroz *Oryza sativa* L., mostarda *Brassica nigra* L., fumo *Nicotiana tabacum* L., pimentão *Capsicum annuum* L., batata *S. tuberosum*, couve *B. oleracea* e tomate *S. lycopersicum* (Tarragó et al., 1994; Silva et al., 2013; Sarwar e Sattar, 2013; Cao et al., 2017; Soares et al., 2020).

Existem vários fatores que elevam o *status* desta espécie como praga, incluindo sua distribuição, polifagia, ciclo de vida curto e elevado potencial biótico (Bass et al., 2014; Stevens e Lacomme, 2017). *Myzus persicae* causa danos ao hospedeiro por alimentação direta e por transmissão de viroses (Zagonel et al., 2002; Cao et al., 2017). Esta espécie possui capacidade de transmitir mais de 100 viroses de plantas, como o “Lettuce mosaic vírus” (LMV) em alface, “Potato Vírus Y” (PVY) em batata e “Cucumber mosaic vírus” (CMV) em pepino (Pinto et al., 2008; Salas et al., 2010; Liu et al., 2019). Além disso, provocam danos diretos através da sucção de seiva e da liberação do *honeydew*, que cobre as partes afetadas com revestimento preto superficial, que dificulta a atividade fotossintética, causando enfezamento das plantas (Saha et al., 2018).

Em regiões de clima temperado, *M. persicae* reproduz-se sexuadamente no inverno, e as gerações de verão são partenogenéticas (assexuadas) (Capinera, 2004; Wu et al., 2020). No entanto, em regiões tropicais, o ciclo de vida é

partenogenético o ano todo (Wu et al., 2020). A partenogênese, combinada com um curto período de geração, permite que as populações aumentem rapidamente em condições favoráveis e alcancem números prejudiciais (Bass et al., 2014).

O controle químico é o método mais utilizado para o controle populacional de *M. persicae* (Saha et al., 2018). No entanto, o uso intensivo deste método tem levado à seleção de populações resistentes para a maioria das classes de inseticidas, incluindo organofosforados, carbamatos, piretroides, ciclodienos e neonicotinoides, tornando *M. persicae* uma das espécies com maiores relatos de resistência no mundo (Bass et al., 2014; Voudouris et al., 2017).

2.2 Importância dos coccinelídeos

A família Coccinellidae é representada por mais de 6.000 espécies descritas em 360 gêneros. Esta família possui ampla distribuição geográfica, ocorrendo praticamente em todas as partes do mundo, incluindo tundras, florestas, pastagens e agroecossistemas (Ipert, 1999). A maioria das espécies de coccinelídeos (cerca de 90%) é predadora de diversos artrópodes-praga, tais como pulgões, ácaros, cochonilhas, moscas-brancas, tripses, psílídeos, ovos e larvas de lepidópteros (Lu e Montgomery, 2001). Os hábitos alimentares de larvas e adultos são semelhantes e apresentam grande atividade de busca pela presa (Ipert, 1999; Boiça-Júnior et al., 2004). Muitas espécies de coccinelídeos completam seu desenvolvimento larval e se reproduzem apenas quando consomem sua presa preferencial. No entanto, quando sua presa preferencial está escassa, as joaninhas alimentam-se de fontes alternativas, para garantir sua sobrevivência (Ipert, 1999).

Desde 1888, com a introdução de *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae), na Califórnia (Estados Unidos), para o controle da cochonilha *Icerya purchasi* Mask (Hemiptera: Margarodidae) em culturas cítricas, as joaninhas têm desempenhado um papel significativo no desenvolvimento de estratégias de manejo de pragas (Baratt et al., 2017). A introdução de *R. cardinalis* foi o evento fundador do controle biológico clássico (Guerreiro, 2004). A partir disso, diversas espécies de joaninhas passaram a ser estudadas e comercializadas para uso em Programas de Manejo Integrado de Pragas em diversos países (Michaud e Olsen 2004; Tavares et al., 2011; Mishra et al., 2012; Lumbierres et al., 2018).

A qualidade e a quantidade da presa exercem grande influência no desempenho biológico dos coccinelídeos (Blackman, 1965; Hodek, 1996; Francis et al., 2000). Diversos estudos demonstram que o desenvolvimento das joaninhas é alterado significativamente em função do tipo de presa (Tsaganou et al., 2004; Arshad e Parez, 2007; Lohar et al., 2012; Farooq et al., 2020). Özder e Sağlam (2003) avaliaram a adequação de diferentes espécies de pulgões como alimento para *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). Esses autores consideraram *Rhopalosiphum padi* (L.) e *Myzus cerasi* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae) como as presas mais adequadas para esse coccinelídeo, pois proporcionaram menor tempo de desenvolvimento e menor taxa de mortalidade, em comparação às demais espécies de afídeos avaliadas.

Entre as diversas espécies de coccinelídeos que apresentam potencial como agente de controle de pragas, destacam-se *E. connexa* e *H. convergens* (Sarmiento et al., 2007; Santos et al., 2013; Delgado-Ramírez et al., 2019). Essas joaninhas apresentam grande atividade de busca por alimento, voracidade e elevado potencial biótico (Santos, 2012; Santos, 2016a; Milléo et al., 2019). Além disso, foram associadas a pulgões e ácaros em diversos agroecossistemas (Cardoso et al., 2003; Phoofolo et al., 2007; Sarmiento et al., 2007; Hodek e Honek, 2012; Spíndola et al., 2013).

2.1.1 *Eriopis connexa*

Eriopis connexa é um predador amplamente distribuído em vários ecossistemas agrícolas da América do Sul (Rodrigues et al., 2013, Costa et al., 2017). Esta joaninha é considerada como potencial agente de controle biológico de diversas pragas, tais como pulgões, moscas-brancas, ácaros, cochonilhas e tripes (Sarmiento et al., 2007; Rimoldi, 2009; Fogel, 2012). Devido ao seu potencial como predador de pulgões, esse coccinelídeo foi introduzido nos Estados Unidos em 1989, visando ao controle do pulgão *Diuraphis noxia* (Kudjumov) (Hemiptera: Aphididae), importante praga nas culturas de trigo (Reed e Pike, 1991).

No Brasil, *E. connexa* está presente em diferentes culturas, com destaque para as culturas do tomate *S. lycopersicum*, morango *Fragaria* spp., soja *Glycine max* (L.) e amendoim *A. hypogaea* (Sarmiento et al., 2004; Dalazen et al., 2017). De acordo com Oliveira et al. (2004), este coccinelídeo é capaz de reduzir a população do

pulgão-gigante-do-pínus, *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae), abaixo do nível de dano econômico. De acordo com Quiroz et al. (2005) essa espécie é considerada um dos mais eficientes predadores de pulgões em cultivos de pimenta. Silva et al. (2013) obtiveram alta sobrevivência de *E. connexa* alimentada com ovos de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Silva (2014) determinou as características biológicas de *E. connexa* alimentada com os pulgões *Brevicoryne brassicae* (L.) e *Aphis craccivora* Kock (Hemiptera: Aphididae) em comparação a ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Esses autores concluíram que ambas as espécies de presas são adequadas para a joaninha; no entanto, o pulgão *A. craccivora* proporcionou melhores características biológicas para o predador. De acordo com Pasini (2017), *E. connexa* apresenta elevado potencial biótico e alta capacidade de predação, o que constitui características importantes para um predador no controle biológico de pragas.

2.1.2 *Hippodamia convergens*

Hippodamia convergens é uma espécie cosmopolita, nativa da América do Norte, considerada importante predador de pulgões e ácaros em plantas cultivadas (Aristizábal e Arthurs, 2015). Tanto as larvas quanto os adultos são altamente vorazes, capazes de reduzir populações de pragas em curto período de tempo, demonstrando alto potencial no controle de pragas agrícolas (Bracamontes et al., 1995; Katsarou et al., 2005).

Michaud (2000) verificou elevada fecundidade e fertilidade de *H. convergens* quando alimentada com os pulgões *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) e *Aphis spiraecola* Patch (Hemiptera: Aphididae). Boiça-Júnior et al. (2004), após avaliarem a capacidade predatória de *H. convergens*, observaram redução de aproximadamente 87% de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em diferentes cultivares de algodoeiro. Figueira et al. (2005) verificaram que a alimentação de *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em diferentes genótipos de sorgo não afetou o desenvolvimento de *H. convergens*, possibilitando a utilização integrada de plantas resistentes e o controle biológico com este coccinelídeo. De acordo com Flint e Dreistadt (2005), uma única liberação inundativa de adultos de *H. convergens* permitiu controle satisfatório de afídeos que infestavam plantas de *Rosa hybrida* L. na Califórnia-EUA, com redução de até 88% na densidade

populacional da praga. Carvalho (2007) verificou que *H. convergens* é capaz de preda 266 ninfas de *A. gossypii* durante o estágio larval, consumindo 14; 33; 79 e 140 ninfas no primeiro, segundo, terceiro e quarto instares, respectivamente. Bastola et al. (2009) destacaram que *H. convergens* é um dos mais importantes predadores de pulgões em cultivos de algodão, nos Estados Unidos. Estudos realizados por Santos (2012) demonstraram que larvas de *H. convergens* podem consumir aproximadamente 670 ninfas de *S. graminum* durante o período de desenvolvimento larval.

2.3 Tabela de vida

A construção de tabelas de vida de fertilidade é um dos principais métodos utilizados na avaliação do potencial de predadores para o controle biológico de pragas, pois possibilita uma visão integrada das características biológicas da população (Jervis e Kidd, 1996; Herrero et al., 2018). Portanto, o conhecimento dos parâmetros da tabela de vida é um pré-requisito necessário para a seleção de predadores para o uso em programas de controle biológico (Kianpour et al., 2011).

Os principais parâmetros associados à tabela de vida são: taxa intrínseca de aumento (r), taxa reprodutiva líquida (R_0), tempo médio de geração (T) e taxa finita de aumento (λ) (Fathipour e Maleknia, 2016). Entre esses parâmetros, o r é considerado um dos mais importantes, pois expressa o potencial de crescimento populacional do predador (Roy et al., 2003; Cortés, 2016). Os parâmetros de tabela de vida podem ser afetados por diferentes fatores, como as espécies de presas, a temperatura e os efeitos subletais de agrotóxicos (Escudero e Ferragut, 2005; Ganjisaffar et al., 2011; Santos et al., 2017).

Muitos autores têm utilizado tabelas de vida para avaliar a adequação de presas aos inimigos naturais. Por exemplo, Arshad et al. (2020) avaliaram o efeito de *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) (Hemiptera: Aphididae) e *A. gossypii* sobre os parâmetros biológicos de *H. convergens*. Os autores concluíram que as espécies de pulgões influenciaram nos parâmetros demográficos da joaninha, e, além disso, *L. erysimi* foi considerado como a presa mais adequada para este coccinelídeo em comparação à *A. gossypii*. Da mesma forma, Duarte et al. (2013) avaliaram a adequação de *Brevicoryne brassicae* L., *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) e *Pterocallis* sp. (Hemiptera: Aphididae) como presa para a joaninha *E. connexa*.

Esses autores constataram que cada espécie de pulgão afetou diferentemente o crescimento populacional de *E. connexa*.

A construção de tabelas de vida também permite a avaliação de efeitos cumulativos de substâncias sobre a sobrevivência, o desenvolvimento e a reprodução de inimigos naturais (Stark et al., 2007; Fathipour e Maleknia, 2016). Santos et al. (2017) avaliaram os efeitos de vários inseticidas sobre o predador *H. convergens* e constataram que determinados inseticidas aplicados sobre ovos e larvas reduziram a taxa reprodutiva líquida (R_0) e a taxa intrínseca de aumento (r).

2.4 Resposta funcional

A resposta funcional descreve a maneira como um predador responde às variações na densidade de suas presas (Solomon, 1949). Holling (1959) considerou a existência de três tipos de resposta funcional: sendo tipo I, nos quais ocorre uma relação linear entre a densidade de presas e o número máximo de presas mortas; o tipo II, nos quais a proporção de presas consumidas diminui com a densidade de presas e o tipo III, nos quais ocorre uma relação sigmoide, e a proporção de presas consumidas é positivamente dependente da densidade. Os modelos de resposta funcional ajudam a avaliar dois parâmetros vitais: a taxa de ataque, no qual o predador procura e encontra sua presa, e o tempo de manuseio, caracterizado como o tempo necessário para atacar e consumir a presa (Xiao e Fadamiro, 2010).

A resposta funcional é um dos principais componentes para avaliar o potencial de um predador no controle de pragas e a estabilidade da dinâmica presa-predador (Abrams, 1982; Fernández-Arhex e Corley, 2003). No entanto, o tipo de resposta funcional exibida por um predador pode ser influenciado por diversos fatores, como a temperatura, a planta hospedeira, o histórico de alimentação do predador, as espécies de presas e o estágio de vida do predador (Cedola et al., 2001; Skirvin e Fenlon, 2003; Madadi et al., 2007; Jalali et al., 2010; Farhadi et al., 2010).

Em experimentos de resposta funcional realizados por Wells e McPherson (1999), larvas de quarto instar e adultos de *H. convergens* exibiram uma resposta funcional do tipo II, em função da densidade de *Myzus nicotianae* Blackman (Hemiptera: Aphididae). Além disso, larvas de quarto instar apresentaram maior taxa de busca em comparação aos adultos. Milléo et al. (2019) avaliaram a resposta

funcional dos diferentes instares larvais e adultos de *H. convergens* em diferentes densidades de *B. brassicae*. Esses autores observaram que todos os estágios de vida do predador apresentaram aumento do consumo de pulgões à medida que a oferta de presas aumentou, resultando em resposta funcional tipo II.

Sarmiento et al. (2007), ao estudarem o comportamento predatório de *E. connexa*, observaram que esse predador apresenta resposta funcional exponencial (tipo II), quando alimentado com o ácaro *T. evansi*, e sigmoidal (tipo III), quando alimentado com o pulgão *M. euphorboiae*. Silva (2014) determinou a resposta funcional dos diferentes estádios larvais de *E. connexa* alimentada com larvas da mosca *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae) e ovos de *E. kuehniella*. Esse autor observou resposta funcional tipo II para todos os instares de *E. connexa* alimentada com ambas as espécies de presas. Santos et al. (2016) estudaram a resposta funcional de larvas de quarto ínstar e adultos de *E. connexa* alimentados com *B. brassicae* e *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae). Ambos os estágios de *E. connexa* apresentaram resposta funcional do tipo II para os pulgões *B. brassicae* e *A. craccivora*.

2.5 Seletividade

A seletividade pode ser definida como a capacidade que um produto apresenta no controle de pragas, com o menor impacto possível sobre os organismos benéficos (Duso et al., 2020). A seletividade pode ser classificada como ecológica e fisiológica (Riper et al., 1951). A seletividade ecológica consiste na utilização de produtos de forma seletiva, minimizando a exposição dos inimigos naturais aos inseticidas (Fisher et al., 1999). Por outro lado, a seletividade fisiológica emprega produtos com baixa toxicidade aos inimigos naturais (Bacci et al., 2006). Estudos referentes à seletividade dos produtos são de extrema importância, uma vez que auxiliam na integração dos controles químicos e biológicos no manejo integrado de pragas (Santos et al., 2017; Carvalho et al., 2019). Neste contexto, desde 1974, a Organização Internacional para o Controle Biológico e Integrado de Plantas e Animais Nocivos (IOBC) estabelece padrões metodológicos para a realização de testes de seletividade, incluindo o enquadramento dos compostos em classes de toxicidade. Estudos têm sido realizados, visando a avaliar o efeito dos agrotóxicos sobre organismos não alvos, sendo que muitas pesquisas se

concentram em avaliar os efeitos letais e subletais de produtos sobre os inimigos naturais (Fogel et al., 2013; Rahmani e Bandani, 2016; Santos et al., 2017; Jiang et al., 2020). Os efeitos subletais incluem alterações no comportamento e nos parâmetros biológicos (reprodução e desenvolvimento) (Afza et al., 2020; Wang et al., 2020).

Michaud e Vargas (2010) demonstraram elevada mortalidade (60%) de larvas de primeiro instar de *H. convergens* tratadas com o herbicida 2,4-D. Scarpellini e Andrade (2010) constataram que os inseticidas tiametoxam, acetamiprido e imidacloprido afetaram a sobrevivência de adultos de *H. convergens*, causando elevada mortalidade deste inimigo natural em algodoeiro. Santos et al. (2017) avaliaram a toxicidade de clorpirifós, etofenprox, fosmet, imidacloprido e tiametoxam sobre ovos, larvas e adultos de *H. convergens*. Esses autores verificaram que os inseticidas afetaram os parâmetros biológicos do predador.

Venzon et al. (2007) estudaram os efeitos do extrato de semente de nim sobre *M. persicae*, e seu predador *E. connexa*. Esses autores concluíram que, apesar de o produto reduzir significativamente o crescimento populacional do pulgão, apresenta efeitos letais e subletais sobre *E. connexa*. Os efeitos dos inseticidas piriproxifeno, teflubenzuron, acetamipride e cipermetrina em pupas e adultos de *E. connexa* foram avaliados por Fogel et al. (2016). Os autores concluíram que todos os inseticidas causaram efeitos letais ou subletais sobre este coccinelídeo. Avaliações de toxicidade a glufosinato de amônio, realizadas por Pasini et al. (2017) em larvas *E. connexa*, resultaram em taxa de mortalidade de 85% ao estágio imaturo.

3. Referências

Abrams P (1982) Functional responses of optimal foragers. **The American Naturalist** 120:382-390.

Adesanya AW, Beauchamp MJ, Lavine MD, Lavine LC, Zhu F, Walsh DB (2019) Physiological resistance alters behavioral response of *Tetranychus urticae* to acaricides. **Scientific Reports** 9:1-12.

Afza R, Riaz MA, Afzal M (2020) Sublethal effect of six insecticides on predatory activity and survival of *Coccinella Septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) following contact with contaminated prey and residues. **Gesunde Pflanzen** 72:77-86.

Amaral FSR, Cavalcante ACC, Lofego AC (2020) *Amblyseius chiapensis* (Acari: Phytoseiidae) as natural enemy of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology** 25:173-177.

Aranda MA (2020) Plant virology: Alive and kicking!. **Annals of Applied Biology** 176:100-101.

Arshad A, Parez O (2007) Development and predatory performance of *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on different aphid species. **Journal of Biological Sciences** 1:1-6.

Arshad, M, Ullah MI, Shahid U, Tahir M, Khan MI, Rizwan M, Abrar M, Niaz MM (2020) Life table and demographic parameters of the coccinellid predatory species, *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae) when fed on two aphid species. **Egyptian Journal of Biological Pest Control** 30:79.

Azandémè-Hounmalon YG, Affognon HD, Komlan FA, Tamò M, Fiaboe KKM, Kreiter S, Martin T (2015) Farmers control practices against the invasive red spider mite, *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard in Benin. **Crop Protection** 76:53-58.

Bacci L, Pereira EJG, Fernandes FL, Picanço MC, Crespo ALB, Campos MR (2006) Seletividade fisiológica de inseticidas a vespas predadoras (Hymenoptera: Vespidae) de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **BioAssay** 1:1-7.

Baker BP, Green TA, Loker AJ (2019) Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. **Biological Control** 140:104095.

Barbosa TS, Andrade DJ, Polanczyk RA, Duarte RT (2018) Susceptibility of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae) to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. **Florida Entomologist** 101:249-253.

Barratt BIP, Moran VC, Bigler F, Van Lenteren JC (2017) The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. **BioControl** 63:155-167.

Bass C, Puinean AM, Zimmer CT, Denholm I, Field LM, Foster SP, Williamson MS, (2014) The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology** 51:41-51.

Bastola A, Parajulee MN, Porter RP, Shrestha RB, Chen FJ, Carroll SC (2015) Intercrop movement of convergent lady beetle *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), between adjacent cotton and alfalfa. **Insect Science** 23:145-156.

Blackman RL (1965) Studies on specificity in Coccinellidae. **Annals of Applied Biology** 56:336-338.

Blackman RL (1967) Selection of aphid prey by *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella septempunctata* L. **Annals of Applied Biology** 59:331-338.

Blackman RL, Eastop VF (2000) **Aphids on the world's crops: An identification and information guide**. Chichester: Wiley. 476 p.

Bracamontes JJJ, Gutierrez HJ, Covarrubias AM (1995) Predation capacity of *Hippodamia convergens* G. on rose aphid *Macrosiphum rosae* L. in the nursery. **Manejo Integrado de Plagas** 38:33-36

Boiça-Junior AL, Santos TM, Kuranishi AK (2004) Desenvolvimento larval e capacidade predatória de *Cycloneda sanguinea* (L., 1763) e *Hippodamia convergens* (Guérin-Mèneville, 1842) alimentadas com *Aphis gossypii* Glover, 1877 sobre cultivares de algodoeiro. **Acta Scientiarum Agronomy** 26:239-244.

Boom CEMVD, Beek TAV, Dicke M (2003) Differences among plant species in acceptance by the spider mite *Tetranychus urticae* Koch. **Journal of Applied Entomology** 127:177-183.

Bonato O, Santarosa PL, Ribeiro G, Lucchini F (2000) Suitability of three legumes for development of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae). **Florida Entomology** 83:203-205.

Cao H, Liu H, Zhang Z, Liu T (2017) The green peach aphid *Myzus persicae* perform better on pre-infested Chinese cabbage *Brassica pekinensis* by enhancing host plant nutritional quality. **Scientific Reports** 7:43076.

Capinera JL (2008) Green Peach Aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). In: Capinera JL (eds) **Encyclopedia of Entomology**: Springer. p. 1727-1730.

Cardoso JT, Lazzari SMN (2003) Comparative biology of *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) and *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville, 1842 (Coleoptera, Coccinellidae) focusing on the control of *Cinara* spp. (Hemiptera, Aphididae). **Revista Brasileira de Entomologia** 47:443-446.

Carvalho FD (2007) **Influência de fatores ambientais e aspectos biológicos de *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville, 1842 (Coleoptera: Coccinellidae) alimentada com *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae)**. 59 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras.

Carvalho GA, Grützmacher AD, Passos LC, Oliveira RL (2019) Physiological and ecological selectivity of pesticides for natural enemies of insects. In: Souza B., Vázquez L., Marucci R. (eds) **Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems**. Cham: Springer. 546 p.

Castro RM (2011) **Biologia e exigências térmicas de *Zagreus bimaculosus* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae)**. 56 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

Cedola CV, Sanchez NE, Liljesthröm GG (2001) Effect of tomato leaf hairiness on functional and numerical response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytosseiidae). **Experimental and Applied Acarology** 25:819-831.

Chiaradia LA, Oliveira VP (2009) Infestação de *Tetranychus ogmophallos* em plantas de amendoim: primeiro registro em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense** 22:85-86.

Civolani S, Marchetti E, Chicca M, Castaldelli G, Rossi R, Pasqualini E, Dindo P, Baronio ML, Leis M (2010) Probing behaviour of *Myzus persicae* on tomato plants containing Mi gene or BTH-treated evaluated by electrical penetration graph. **Bulletin of Insectology** 63:265-271.

Clotuche G, Mailleux AC, Astudillo Fernandez A, Deneubourg JL, Detrain C, Hance T (2011) The formation of collective silk balls in the spider mite *Tetranychus urticae* Koch. **Plos one** 6:1-9.

Cordeiro EMG, Moura ILT, Fadini MAM, Guedes RNC (2013) Beyond selectivity: are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the southern red mite *Oligonychus ilicis*? **Chemosphere** 93:1111-1116.

Cortés E (2016) Perspectives on the intrinsic rate of population growth. **Methods in Ecology and Evolution** 7:1136-1145.

Costa JF, Matos CHC, Oliveira CRF, Silva TGF, Lima Neto IFA (2017) Functional and numerical responses of *Stethorus tridens* Gordon (Coleoptera: Coccinellidae) preying on *Tetranychus bastosi* Tuttle, Baker & Sales (Acari: Tetranychidae) on physic nut (*Jatropha curcas*). **Biological Control** 111:1-5.

Dalazen G, Bigolin M, Valmorbida I, Stacke RF, Cagliari D (2017) Faunistic analysis of pest insects and their natural enemies associated with hairy fleabane in soybean crop. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 47:336-344.

Devine GJ, Barber M, Denholm I (2001) Incidence and inheritance of resistance to METI-acaricides in European strains of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Acari: Tetranychidae). **Pest Management Science** 57:443-448.

Dogan EB, Berry RE, Reed GL, Rossignol PA (1996). Biological parameters of convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on aphids (Homoptera: Aphididae) on transgenic potato. **Journal of Economic Entomology** 89:1105-1108.

Duarte W, Arévalo H, Polanía IZ (2013) Influence of three aphid species used as prey on some biological aspects of the predator *Eriopis connexa*. **Journal of Animal Science** 3:193-199.

Duso C, Van Leeuwen T, Pozzebon A (2020) Improving the compatibility of pesticides and predatory mites: recent findings on physiological and ecological selectivity. **Current Opinion in Insect Science** 39:63-68.

Elhakim E, Mohamed O, Elazouni I (2020) Virulence and proteolytic activity of entomopathogenic fungi against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control** 30:1-8.

Escudero LA, Ferragut F (2005) Life-history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mite species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). **Biological Control** 32:378-384.

Fadini MAM, Pallini A, Venzon M (2004) Controle de ácaros em sistema de produção integrada de morango. **Ciência Rural** 34:1271-1277.

Farhadi R, Allahyari H, Juliano SA (2010) Functional response of larval and adult stages of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology** 39:1586-1592.

Farooq M, Zhu X, Shakeel M, Iftikhar A, Shahid MR, Saeed N, Arain MS (2020) Comparative analysis of the demographic parameters of seven spotted ladybird beetle (Coleoptera: Coccinellidae) reared on various host aphid species. **PeerJ** 8:e8313.

Fathipour Y, Maleknia B (2016) Mite Predators. In: Omkar (ed) **Ecofriendly pest management for food security**. San Diego: Elsevier. p. 329-366.

Fernandez-Arhex V, Corley JC (2003) The functional response of parasitoids and its implications for biological control. **Biocontrol Science and Technology** 13:403-413.

Ferreira DNM, Flechtmann CHW (1997) Two new phytophagous mites (Acari: Tetranychidae, Eryophyidae) from *Arachis pintoii* from Brazil. **Systematic and Applied Acarology** 2:181-188.

Ferreira CBS, Andrade FHN, Rodrigues ARS, Siqueira HAA, Gondim MGC (2015) Resistance in field populations of *Tetranychus urticae* to acaricides and characterization of the inheritance of abamectin resistance. **Crop Protection** 67:77-83.

Fiaboe KKM, Gondim MGC, de Moraes GJ, Ogol CKPO, Knapp M (2007) Bionomics of the acarophagous ladybird beetle *Stethorus tridens* fed *Tetranychus evansi*. **Journal of Applied Entomology** 131:355-361.

Fidelis EG, Carmo DG, Santos AA, De Sá Farias E, Silva RS, Picanço MC (2018) Coccinellidae, Syrphidae and Aphidoletes are key mortality factors for *Myzus persicae* in tropical regions: A case study on cabbage crops. **Crop Protection** 112:288-294.

Figueira LK, Toscano LC, Lara FM, Boiça Junior A (2003) Aspectos biológicos de *Hippodamia convergens* e *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae) sobre *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas** 29:3-7.

Fisher TW, Bellows TS, Caltagirone LE, Dahlsten DL, Huffaker CB, Gordh G (1999) **Handbook of biological control: principles and applications of biological control**. San Diego: Academic press. 1046 p.

Flechtmann CHW (2004) Two new plant feeding mites from *Brachiaria ruziziensis* in citrus groves in São Paulo, Brazil and new distribution records of other plant mites in Brazil. **Zootaxa** 708:1-11.

Flint ML, Dreistadt SH (2005) Interactions among convergent lady beetle (*Hippodamia convergens*) releases, aphid populations, and rose cultivar. **Biological Control** 34:38-46.

Fogel MN (2012) **Selectividad de insecticidas utilizados en cultivos hortícolas del Cinturón Hortícola Platense sobre el depredador *Eriopis connexa* en el marco del Manejo Integrado de Plagas**. 146 f. Tese (Doutorado em Ciências exatas), Universidad Nacional de La Plata.

Fogel MN, Schneider MI, Desneux N, Gozález B, Ronco AE (2013) Impact of the neonicotinoid acetamiprid on immature stages of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). **Ecotoxicology** 22:1063-1071.

Fogel MN, Schneider MI, Rimoldi F, Ladux LS, Desneux N, Ronco AE (2016) Toxicity assessment of four insecticides with different modes of action on pupae and adults of *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae), a relevant predator of the Neotropical Region. **Environmental Science and Pollution Research**, 23:14918-14926.

Francis F, Haubruge E, Gaspar C (2000) Influence of host plants on specialist/generalist aphids and on the development of *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). **European Journal of Entomology** 97:481-485.

Furtado I P, Moraes G J, Kreiter S, Tixier M, Knapp M (2007) Potential of a Brazilian population of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* as a biological control agent of *Tetranychus evansi* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Biological Control** 42:139-147.

Ganjisaffar F, Fathipour Y, Kamali K (2011) Temperature-dependent development and life table parameters of *Typhlodromus bagdasarjani* (Phytoseiidae) fed on two-spotted spider mite. **Experimental and Applied Acarology** 55:259-272.

Grbić M, Van Leeuwen T, Clark R et al. (2011) The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. **Nature** 479:487-492.

Guedes RNC, Smagghe G, Stark JD, Desneux N (2016) Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology** 61:43-62.

Guerreiro JCA (2004) importância das joaninhas no controle biológico de pragas no Brasil e no mundo. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia** 3:1-3.

Gyenge JE, Edelstein JD, Salto CE (1998) Efectos de la temperatura y la dieta en la biología de *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 27:345-356.

Hata FT, Ventura MU, Carvalho MG, Miguel ALA, Paula MT, Zawadneak MAC (2016) Intercropping garlic plants reduces *Tetranychus urticae* in strawberry crop. **Experimental and Applied Acarology** 69:311–321.

Herrero MI, Dami LC, Fogliata SV, Casmuz AS, Gómez DRS, Gastaminza G A, Murúa MG (2018) Fertility life table, population parameters and biotic potential of *Helicoverpa gelotopoeon* (Dyar) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais Da Academia Brasileira de Ciências** 90:3831-3838.

Hodek I (1996) Food relationships. In: Hodek I, Honek A (eds) **Ecology of Coccinellidae**. Dordrecht: Kluwer Academic. p. 143-238.

Hodek I, Honek A, van Emden HF (2012) **Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)**. Chichester: John Wiley & Sons. 600 p.

Holling CS (1959) Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **The Canadian Entomologist** 91:385-398.

Iperti G (1999) Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. **Agriculture, Ecosystems & Environment** 74:323-342.

IRAC-Insecticide Resistance Action Committee (2017) **Manejo da resistência em populações de *Tetranychus urticae***. Disponível em: <<https://www.irac-br.org>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

Jacobsen SK, Sigsgaard L, Hansen K, Harwood, JD, Chapman EG, Hurtado MA, Jensen AB (2019) Generalist predator contributions to the control of *Tetranychus urticae* in strawberry crops documented by PCR-based gut content analysis. **Experimental and Applied Acarology** 77:133-143.

Jalali MA, Tirry L, De Clercq P (2010) Effect of temperature on the functional response of *Adalia bipunctata* to *Myzus persicae*. **Biocontrol** 55:261-269.

Jessie WP, Giles KL, Rebek EJ, Payton ME, Jessie CN, McCornack BP (2015) Preference and performance of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi*, and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) from winter-adapted canola. **Environmental Entomology** 44:880-889.

Jervis M, Kidd N (1996) **Insect natural enemies: practical approaches to their study and evaluation**. London: Chapman & Hall. 491 p.

Jiang J, Wang Y, Mu W, Zhang Z (2020) Sublethal effects of anthranilic diamide insecticides on the demographic fitness and consumption rates of the *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis craccivora*. **Environmental Science and Pollution Research** 27:4178-4189.

Katsaro UI, Margaritopoulos JT, Tsitsipis JÁ, Perdakis DC, Zarpas KD (2005) Effect of temperature on development, growth and feeding of *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia convergens* reared on the tobacco aphid, *Myzus persicae nicotianae*. **BioControl** 50:565-588.

Kianpour R, Fathipour Y, Kamali K, Omkar (2011) Effects of mixed prey on the development and demographic attributes of a generalist predator, *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Biocontrol Science and Technology** 21:435–447.

Knapp M, Wagener B, Navajas M (2003) Molecular discrimination between the spider mite *Tetranychus evansi* Baker; Prichard, an important pest of tomatoes in southern Africa, and the closely related species *T. urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). **African Entomology** 11:300-304.

Liu J, Liu Y, Donkersley P, Dong Y, Chen X, Zang Y, Xu P, Ren G (2019) Preference of the aphid *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) for tobacco plants at specific stages of potato virus Y infection. **Archives of Virology** 164:1567-1573.

Lixa AT, Campos J M, Resende A L S, Silva J C, Almeida MMTB, Aguiar-Menezes EL (2010) Diversidade de Coccinellidae (Coleoptera) em plantas aromáticas (Apiaceae) como sítios de sobrevivência e reprodução em sistema agroecológico. **Neotropical entomology** 39:354-359.

Lohar MK, Khuhro SN, MLakho MH, Magsi GA, Khuhro TA (2012) Biology and feeding potential of predator, *Hippodamia convergens* Guir, (Coleoptera: Coccinellidae) on mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt.) in laboratory. **Pakistan journal of agriculture, agricultural engineering and veterinary sciences** 28:150-159.

Lourenção AL, Kasai FS, Navia D, Godoy IJ, Flechtmann CHW (2001) *Tetranychus ogmophallos* Ferreira & Flechtmann (Acari: Tetranychidae) on peanut in the State of Sao Paulo, Brazil. **Neotropical Entomology** 30:495-496.

Lu W, Montgomery ME (2001) Oviposition, development, and feeding of *Scymnus (Neopullus) sinuanodulus* (Coleoptera: Coccinellidae): a predator of *Adelges tsugae* (Homoptera: Adelgidae). **Annals of the Entomological Society of America** 94:64-70.

Lumbierres B, Madeira F, Pons X (2018) Prey Acceptability and preference of *Oenopia conglobata* (Coleoptera: Coccinellidae), a candidate for biological control in urban green areas. **Insects** 12:1-11.

Madadi H, Enkegaard A, Brodsgaard HF, Kharrazi-Pakdel A, Mohaghegh J, Ashouri A (2007) Host plant effects on the functional response of *Neoseiulus cucumeris* to onion thrips larvae. **Journal of Applied Entomology** 131:728-733.

Melville CC (2015) **Distribuição espacial e determinação da depreciação quantitativa e qualitativa causada por *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae) ao amendoazeiro**. 63 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Unesp, Jaboticabal.

Melville CC, Andrade SC, Oliveira NT, Andrade DJ (2018) Impact of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae) on different phenological stages of peanuts. **Bragantia** 77:116-123.

Melville CC, Zampa SF, Savi PJ, Michelotto MD, Andrade DJ (2019) Peanut cultivars display susceptibility by triggering outbreaks of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology** 78:295-314.

Michaud JP (2000) Development and reproduction of ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae) on the citrus aphids *Aphis spiraecola* Patch and *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). **Biological Control** 18:287-297.

Michaud JP, Olsen L (2004) Suitability of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) as prey for lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae). **BioControl** 49:417-431

Michaud JP, Vargas G (2010) Relative toxicity of three wheat herbicides to two species of Coccinellidae. **Insect Science** 17:434-438.

Migeon A (2007) Acarien rouge de la tomate: nouvelles observations et perspectives. **PHM Revue Horticole** 488:20-24.

Migeon A, Ferragut F, escudero-colomar I, Fiaboe K, Knapp M, Moraes GJ, Ueckermann E, Navajas M (2009) Modelling the potential distribution of the invasive tomato red spider mite, *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology** 48:199-212.

Migeon A, Dorkeld F (2020) **Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae**. Disponível em: <<http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>>. Acesso em: 05 jul. 2020.

Milléo J, Moral RA, Fernandes FS, Godoy WAC (2019) Resposta funcional comparada entre *Harmonia axyridis* (Pallas), *Cycloneda sanguinea* (L.) e *Hippodamia convergens* Guerin Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) alimentadas com *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae). **EntomoBrasilis** 12:70-76.

Mishra G, Omkar, Kumar B, Pandey G (2012) Stage and age specific predation in four aphidophagous ladybird beetles. **Biocontrol Science and Technology** 22:463-476.

Moraes GJ, MCMurtry JÁ (1985) Chemically mediated arrestment of the predaceous mite *Phytoseiulus persimilis* by extracts of *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae*. **Experimental and Applied Acarology** 1:127-138.

Moraes GJ, McMurtry JÁ, Baker EW (1987) Redescription and distribution of the spider mites *Tetranychus evansi* and *T. marianae*. **Acarologia** 28:333-343.

Moraes GJ, Flechtmann, CHW (2008) **Manual de acarologia: Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos. 288 p.

Oliveira NC, Wilcken CF, Matos CAO (2004) Ciclo biológico e predação de três espécies de coccinelídeos (Coleoptera: Coccinellidae) sobre o pulgão-gigante-do-pinus *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae). **Revista Brasileira de Entomologia** 48: 529-533.

Orr D, Lahiri S (2014) Biological control of insect pests in crops, In: Abrol DP (ed) **Integrated pest management: Current concepts and ecological perspective**. London: Academic Press. p. 531-548.

Özder N, Sağlam Ö (2003) Effects of aphid prey on larval development and mortality of *Adalia bipunctata* and *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Biocontrol Science and Technology** 13:449-453.

Parra, JRP (2014) Biological control in Brazil: an overview. **Scientia agrícola** 71:420-429.

Pasini RA, Pazini JB, Grützmacher AD, Rakes M, Armas FS (2018) Comparative selectivity of herbicides used in wheat crop on the predators *Chrysoperla externa* and *Eriopsis connexa*. **Planta Daninha** 36:1-13.

Pérez-Rodríguez J, Miksanek JR, Selfa J, Martínez-Blay V, Soto A, Urbaneja A, Tena A (2019) Field evaluation of *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) as biological control agent of the mealybug *Delottococcus aberiae* De Lotto (Hemiptera: Pseudococcidae). **Biological Control** 138:1-7.

Pereira LPS (2017) **Aspectos biológicos e consumo de *Cycloneda sanguinea* e *Eriopsis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) alimentados com *Macrosiphum rosae* (Hemiptera: Aphididae) em roseira**. 45 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia)-Universidade Federal de Lavras.

Phoofolo MW, Giles KL, Elliott NC (2007) Quantitative evaluation of suitability of the greenbug, *Schizaphis graminum*, and the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi*, as prey for *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control** 41:25-32.

Pinto ZV, Rezende JAM, Yuki VA, Piedade SMS (2008) Ability of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* to transmit cucumber mosaic virus in single and mixed infection with two potyviruses to zucchini squash. **Summa Phytopathologica** 34:183-185.

Quiroz C, Larraín P, Sepúlveda P (2005) Abundancia estacional de insectos vectores de virosis en dos ecosistemas de pimiento (*Capsicum annum* L.) de la Región de Coquimbo, Chile. **Agricultura Técnica** 65:3-19.

Rahmani S, Bandani AR (2016) Pirimicarb, an aphid selective insecticide, adversely affects demographic parameters of the aphid predator *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Plant Protection Research** 56:353-363.

Reed DK, Pike KS (1991) **Summary of an exploration trip to South America.** IOBC/Neartic Region Newsletter 36:16-17.

Ribeiro APO, Pereira EJG, Galvan TL, Picanco MC, Picoli EAT, Silva DJH, Fari MG, Otoni WC (2006) Effect of eggplant transformed with oryzacystatin gene on *Myzus persicae* and *Macrosiphum euphorbiae*. **Journal of Applied Entomology** 130:84-90.

Rimoldi F, Fogel MN, Ronco AE, Schneider MI (2017) Comparative susceptibility of two Neotropical predators, *Eriopis connexa* and *Chrysoperla externa*, to acetamiprid and pyriproxyfen: Short and long-term effects after egg exposure. **Environmental Pollution** 231:1042-1050.

Rodrigues ARS, Torres JB, Siqueira HAA, Lacerda DPA (2013) Inheritance of lambda-cyhalothrin resistance in the predator lady beetle *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control** 64:217-224.

Ripper WE, Greenslade RM, Harlley GS (1951) Selective insecticides and biological control. **Journal of Economic Entomology** 44:448-459.

Roy M, Brodeur J, Cloutier C (2003) Effect of temperature on intrinsic rates of natural increase (r_m) of a coccinellid and its spider mite prey. **BioControl** 48:57-72.

Saha S, Das T, Raychaudhuri T (2018) Myrmecophilous association between ants and aphids – an overview. **An International Scientific Journal** 20:62-77.

Salas FJS, Lopes JRS, Fereres A (2010) Resistência de cultivares de batata a *Myzus persicae* (Sulz.)(Hemiptera: Aphididae). **Neotropical entomology** 39:1008-1015.

Santos, LC (2012) **Bioecologia e capacidade predatória de Coccinellidae (Insecta: Coleoptera) alimentado com *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae).** 53 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Unesp, Jaboticabal.

Santos LC, Santos-Cividanes T.M, Cividanes FJ, Matos STS (2013) Biological aspects of *Harmonia axyridis* in comparison with *Cycloneda sanguinea* and *Hippodamia convergens*. **Pesquisa agropecuária brasileira** 48:1419-1425.

Santos DSS (2016a) **Desempenho e predação de *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) com diferentes presas e resposta olfativa aos voláteis emitidos por adultos**. 81 f. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo.

Santos RS (2016b) Infestação de *Tetranychus ogmophallos* Ferreira & Flechtmann (Acari: Tetranychidae) em amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov. & Greg.) nos Estados do Acre e Minas Gerais. **EntomoBrasilis** 9:69-72.

Santos KFA, Zanardi OZ, Morais MR, Jacob CRO, Oliveira MB, Yamamoto PT (2017) The impact of six insecticides commonly used in control of agricultural pests on the generalist predator *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). **Chemosphere** 186:218-226.

Santos, FA, Rolim GS, Nachman GS, Andrade DJ (2020) Using mathematical models to describe aerial dispersal and silk ball formation of peanut red spider mite, *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology** 81:85-102.

Sarmiento RA, Oliveira HG, Holtz AM, Silva SM, Serrão JE, Pallini A (2004) Fat body morphology of *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) in function of two alimentary sources. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 47:407-411.

Sarr I, Knapp M, Ogol CKP, Baumgärtner J (2002) Impact of predators on *Tetranychus evansi* Baker and Pritchard populations and damage on tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Kenya. In: 11º CONGRESSO INTERNACIONAL DE ACAROLOGIA. **Resumos...**Merida, p. 271.

Sarmiento RA, Pallini A, Venzon M, Souza FF, Molina-Rugama AJ, Oliveira CL (2007) Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 50:121-126.

Sarwar M, Muzammil S (2013) Varietals variability of winter rapes (*Brassica napus* L.) for their susceptibility to green aphid *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). **Pakistan Journal of Zoology** 45: 883-888.

Sato ME, Veronez B, Stocco RSM, Queiroz MCV, Gallego R (2016) Spiromesifen resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): Selection, stability, and monitoring. **Crop Protection** 89:278–283.

Savi PJ, Moraes GJ, Melville CC, Andrade DJ (2019) Population performance of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) on African tomato varieties and wild tomato genotypes. **Experimental and Applied Acarology** 77:555–570.

Scarpellini JR, Andrade DJ (2010) Avaliação do efeito de inseticidas sobre a joaninha *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) em algodoeiro. **Arquivos do Instituto Biológico** 77:323-330.

Sibanda T, Dobson HM, Cooper JF, Manyangarirwa W, Chiimba W (2000) Pest management challenges for smallholder vegetable farmers in Zimbabwe. **Crop Protection** 19:807-815.

Silva AA, Maluf WR, Moraes JC, Alvarenga R, Costa EMR (2013a) Resistência a *Myzus persicae* em genótipos de tomateiro com altos teores foliares de aleloquímicos. **Bragantia** 72:173-179.

Silva RB, Cruz I, Zanuncio JC, Figueiredo MLC, Canevari GC, Pereira AG, Serrão JE (2013b) Biological aspects of *Eriopsis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on different insect pests of maize (*Zea mays* L.) and sorghum [*Sorghum bicolor* L. (Moench.)]. **Brazilian Journal of Biology** 73:419–424.

Skirvin DJ, Fenlon JS (2003) The effect of temperature on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology** 31:37-49.

Silva E (2014) **Aspectos Biológicos de Duas Espécies de Joaninhas Afidófagas (Coleoptera: Coccinellidae) Alimentadas com Presas Alternativas em Laboratório. Mestrado Entomologia Aplicada**. 94 f. Dissertação (Entomologia Aplicada) - Universidade federal rural do rio de janeiro, Seropédica.

Soares JRS, Paes JS, Araújo VCR, Araújo TA, Ramos RS, Picanço MC, Zanuncio JC (2020) Spatiotemporal Dynamics and Natural Mortality Factors of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) in Bell Pepper Crops. **Neotropical Entomology** 49:445-455

Solomon ME (1949) The natural control of animal populations. **Journal of Animal Ecology** 18:1-35.

Spíndola AF, Silva-Torres CSA, Rodrigues ARS, Torres JB (2013) Survival and behavioural responses of the predatory ladybird beetle, *Eriopis connexa* populations susceptible and resistant to a pyrethroid insecticide. **Bulletin of Entomological Research** 103:485-494.

Stark JD, Vargas RI, Banks JE (2007) Incorporating ecologically relevant measures of pesticide effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. **Journal of Economic Entomology** 100:1027-1032.

Stevens M, Lacomme C (2017) Transmission of plant virus. In: van Emden HF, Harrington R (eds) **Aphid as crop pests**. Boston: CABI. p. 323-361.

Sun M, Voorrips RE, Steenhuis-Broers, G Steenhuis-Broers G, Westende WV, Vosman B (2018) Reduced phloem uptake of *Myzus persicae* on an aphid resistant pepper accession. **BMC Plant Biology** 18:1-14.

Tarragó MFS, Bredemeier D, Schafer PP (1994) Controle químico do pulgão *Myzus persicae* (sulzer,1776) (homoptera-aphididae) na cultura do fumo. **Ciência Rural** 24:253-256.

Tavares WS, Simon CA, Pereira AIA, Medeiros MGH, Zanuncio JC (2011) Aspectos reprodutivos de *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) após alimentação em ninfas de *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae). **Horticultura Brasileira** 29:S1108-S1112

Tian L, Jin PY, Sun CP, Hong XY (2019) First distribution record of the tomato red spider mite *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in mainland China. **Systematic e Applied Acarology** 24:965-970.

Tiftikçi P, Kök Ş, Kasap İ (2020) Biological control of twospotted spider mites [*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)] using *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseidae) at different ratios of release on field-grown tomatoes. **Biological Control** 151:104404.

Tsaganou FC, Hodgson CJ, Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Tomanovic Z (2004) Effect of *Aphis gossypii* Glover, *Brevicoryne brassicae* (L.), and *Megoura viciae* Buckton (Hemiptera: Aphidoidea) on the development of the predator *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control** 31:138-144.

Van Leeuwen T, Vontas J, Tsagkarakou A, Dermauw W, Tirry L (2010) Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. **Insect Biochemistry and Molecular Biology** 40:563-572.

Vassiliou VA, Kitsis P (2013) Acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) populations from cyprus. **Journal of Economic Entomology** 106:1848-1854.

Venzon M, Rosado MC, Pallini A, Fialho A, Pereira CJ (2007) Toxicidade letal e subletal do nim sobre o pulgão-verde e seu predador *Eriopis connexa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 42:627-631.

Vieira ERD, Soares MA, Silva EB, Assis Júnior SL, Barroso GA (2016) First record of *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) in *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Arquivos do instituti Biológico** 83:e0382015.

Voudouris CC, Williamson MS, Skouras PJ, Kati AN, Sahinoglou AJ, Margaritopoulos JT (2017) Evolution of imidacloprid resistance in *Myzus persicae* in Greece and susceptibility data for spirotetramat. **Pest Management Science** 73:1804-1812.

Wang X, Deng H, Du C, Ali S (2020) Development, biology, and life table parameters of the predatory species, *Clitostethus brachylobus* Peng, Ren & Pang 1998 (Coleoptera: Coccinellidae), when fed on the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.). **Egyptian Journal of Biological Pest Control** 30:1-8.

Watanabe MA, Moraes GJ, Gastaldo IJ, Nicolella G (1994) Controle biológico do ácaro rajado com ácaros predadores fitoseídeos (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) em culturas de pepino e morango. **Scientia Agrícola** 51:75-81.

Wells ML, McPherson RM (1999) Population dynamics of three coccinellids in flue-cured tobacco and functional response of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on tobacco aphids (Homoptera: Aphididae). **Environmental Entomology** 28:768-773.

Wu J, Lan H, Zhang ZF, Cao HH, Liu TX (2020) Performance and transcriptional response of the green peach aphid *Myzus persicae* to the restriction of dietary amino acids. **Frontiers in Physiology** 11:1-13.

Xiao Y, Fadamiro HY (2010) Functional responses and prey-stage preferences of three species of predacious mites (Acari: Phytoseiidae) on citrus red mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). **Biological Control** 53:345-352.

Zagonel J, Reghin MY, Dalla MP, Kunz RP (2002) Avaliação de inseticidas no controle de *Myzus persicae* (sulz.) (homoptera: aphididae) na cultura da alface. **Horticultura Brasileira** 20:514-515.

Zhang ZQ (2003) **Mites of greenhouses: identification, biology and control**. London: CABI Publishing. 244 p.

CAPÍTULO 2 - Adequação de ácaros tetraniquídeos e do pulgão-verde-do-pessegueiro como presa para *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae)

Resumo – *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) é um importante inimigo natural presente em diversos agroecossistemas. Neste estudo, avaliaram-se em laboratório, o desenvolvimento, a fecundidade, a sobrevivência e os parâmetros de tabela de vida de *E. connexa* alimentada com *Tetranychus evansi* Baker e Pritchard, *Tetranychus urticae* Koch, *Tetranychus ogmophallos* Ferreira e Flechtmann (Acari: Tetranychidae) e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Eriopis connexa* completou o desenvolvimento biológico (ovo-adulto) sobre todas as presas estudadas, exceto quando alimentada com *T. evansi*. O tempo de desenvolvimento e a mortalidade dos estágios imaturos de *E. connexa* foram significativamente menores ao ser alimentada com *T. urticae* e *M. persicae*. O período de oviposição e a fecundidade das fêmeas também foram maiores com essas mesmas presas. Joaninhas alimentadas com *T. urticae* e *M. persicae* apresentaram maiores taxas reprodutivas líquida (R_0), intrínsecas de aumento (r) e finitas de aumento (λ). Os resultados deste estudo sugerem que *T. urticae* e *M. persicae* são presas mais adequadas para o predador *E. connexa* em comparação a *T. ogmophallos* e *T. evansi*.

Palavras-chave: Controle Biológico, *Tetranychus urticae*, *Tetranychus evansi*, *Tetranychus ogmophallos*, *Myzus persicae*.

CAPÍTULO 2 - Suitability of spider mites and green peach aphids as prey for *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae)

ABSTRACT – The ladybug *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) is an important natural enemy of pest arthropods in several agroecosystems. In this study, we determined, under laboratory conditions, the development, fecundity, survival, and life-table parameters of *E. connexa* fed the spider mites *Tetranychus evansi* Baker and Pritchard, *Tetranychus urticae* Koch, *Tetranychus ogmophallos* Ferreira and Flechtmann (Acari: Tetranychidae), or *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Eriopis connexa* completed its biological development (egg-adult) when fed all prey species except *T. evansi*, with significantly shorter development times when fed *T. urticae* and *M. persicae*. Oviposition day and female fecundity were also higher when *E. connexa* was fed these same prey species. *Tetranychus urticae* and *M. persicae* showed a higher net reproductive rate (R_0), intrinsic rate of increase (r), and finite rate of increase (λ) than *T. ogmophallos*. Our findings suggest that *T. urticae* and *M. persicae* are more suitable prey for *E. connexa* than *T. ogmophallos* and *T. evansi*.

Keywords Biological Control, *Tetranychus urticae*, *Tetranychus evansi*, *Tetranychus ogmophallos*, *Myzus persicae*.

1. Introdução

Os ácaros tetraniquídeos (Acari: Tetranychidae) e o pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) constituem grupos de organismos com elevada importância econômica devido aos prejuízos causados em diversos sistemas agrícolas (Sun et al., 2018; Migeon et al., 2019). O ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) é considerado a espécie mais importante de ácaro-praga no mundo, por causar elevados prejuízos em diversas culturas e pelos inúmeros casos reportados de resistência aos agrotóxicos (Nicastro et al., 2013; Sato et al., 2016). Entretanto, outras espécies de tetraniquídeos, como o ácaro-vermelho-do-tomateiro *Tetranychus evansi* Baker e Pritchard, e o ácaro-vermelho-do-amendoim *Tetranychus ogmophallos* Ferreira e Flechtmann (Acari: Tetranychidae) são pragas emergentes nas culturas do tomateiro e do amendoim, respectivamente (Azandémè-Hounmalon et al., 2015; Melville et al., 2018; Savi et al., 2019).

O uso de agrotóxicos é o principal método utilizado para o controle populacional de ácaros e de pulgões em sistemas agrícolas (Tabet et al., 2018). No entanto, este método, muitas vezes, não é eficiente, uma vez que populações de ácaros e pulgões apresentam resistência à várias classes de produtos, devido principalmente ao alto potencial biótico e grande variabilidade genética destes organismos (Bass et al., 2014; Azandémè-Hounmalon et al., 2015; Sato et al., 2016). A utilização de agentes de controle biológico constitui um método eficiente, principalmente quando associado a outras medidas de controle, de forma a possibilitar a implementação de Programas de Manejo Integrado de Pragas (Orr e Lahiri, 2014). Neste contexto, as joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) são importantes inimigos naturais de artrópodes fitófagos em sistemas agrícolas, sendo responsáveis pela manutenção de pragas abaixo do Nível de Dano Controle (Oliveira et al., 2004; Moghaddam et al., 2016; D'Ávila et al., 2018).

Dentre os coccinélídeos, *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) apresenta elevado potencial para o controle de pragas, devido à sua alta capacidade de forrageamento, voracidade e polifagia (Gómez e Polanía, 2009; Grez et al., 2011; Silva et al., 2013b). *Eriopis connexa* atua como agente de controle de pulgões em pinheiro *Pinus* spp., algodão *Gossypium* spp., trigo *Triticum* spp. e soja *Glycine max* (Oliveira et al., 2004; Mirande et al., 2010). Este coccinélídeo

apresentou resposta funcional do tipo II ao se alimentar com *T. evansi*, e tipo III com *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae), sugerindo que este predador possui estratégias distintas de predação em função das presas (Sarmiento et al., 2007). No Brasil, investigações preliminares indicaram elevada quantidade de *E. connexa* associada aos ácaros tetraniquídeos em cultivos de morango *Fragaria* spp., soja *Glycine max* (L.) e feijão *Phaseolus vulgaris* L. No entanto, estudos que avaliem a adequação de ácaros para o desenvolvimento e a reprodução dessa joaninha são inexistentes.

A qualidade da presa é um dos fatores mais importantes para a manutenção do vigor dos predadores, influenciando diretamente o desenvolvimento biológico, a longevidade e o potencial reprodutivo (Michaud, 2005; Zhang et al., 2007; Schmidt et al., 2012; Moghaddam et al., 2016). Dessa forma, a adequação de presas aos inimigos naturais constitui uma etapa fundamental em Programas de Controle Biológico (Li et al., 2015; Tian et al., 2017).

Parâmetros demográficos são uma ferramenta útil para analisar a adequação de presas para os predadores, pois refletem os efeitos na sobrevivência, no desenvolvimento e na reprodução desses inimigos naturais (Stark e Banks, 2003). Tendo em vista o elevado potencial predatório de *E. connexa* e sua frequente presença em sistemas agrícolas, o objetivo do trabalho foi estudar a adequação de três espécies de ácaros tetraniquídeos e uma espécie de pulgão como alimento para este predador.

2. Material e Métodos

Os estudos foram desenvolvidos no Laboratório de Acarologia – GEMAN (Grupo de Estratégias e Manejo de Ácaros Neotropicals) do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jaboticabal-SP.

2.1 Criação de *Eriopis connexa*

A criação de *E. connexa* foi iniciada com adultos coletados em plantas espontâneas. As joaninhas foram mantidas em gaiolas constituídas por tubos de

PVC de 10 cm de altura por 10 cm de diâmetro, forradas internamente com papel sulfite e vedadas por tecido *voile*. Os insetos foram alimentados com ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) e com dieta constituída por lêvedo de cerveja e mel, na proporção de 1:1. Diariamente, as posturas de *E. connexa* foram retiradas das gaiolas e mantidas em placas de Petri de 12,0 cm de diâmetro e vedadas com filme de PVC. A água foi fornecida por meio de esponja de polietileno umedecida (Santos et al., 2009). A criação dos coccinelídeos foi mantida em sala climatizada a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $60\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

2.2 Criação de *Myzus persicae*

A criação de *M. persicae* foi iniciada com insetos coletados em plantas de couve *Brassica oleracea* L. var. *acephala*. Folhas de couve foram utilizadas como substrato de alimentação para a manutenção dos pulgões. Para isso, discos de folhas de couve de 2,5 cm de diâmetro foram dispostos com a face abaxial voltada para cima, em placas de Petri de 5,0 cm de diâmetro, contendo uma lâmina de 5,0 mm de ágar-água a 1%, para manter a turgidez dos discos. Posteriormente, os discos foram infestados com ninfas e adultos de *M. persicae*. As placas de Petri foram vedadas com filme de PVC e mantidas em câmara climatizada a $23\pm 1^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. A camada de ágar-água e os discos foliares foram trocados duas vezes por semana.

2.3 Criação de ácaros tetraniquídeos

Os ácaros *T. urticae* foram provenientes de uma criação mantida em sala climatizada (mesmas condições mencionadas no item 2.1) sobre plantas de feijão-de-porco *Canavalia ensiformes* (L.) cultivadas em vasos de cinco litros, contendo como substrato solo, areia e esterco bovino, na proporção de 1:1:1. Periodicamente, as plantas danificadas pelos ácaros e/ou senescentes foram substituídas por plantas novas.

A criação de *T. evansi* foi estabelecida sobre plantas de maria-pretinha *Solanum americanum* Mill. As plantas foram inseridas em placas de isopor com orifícios circulares de 1 x 1 cm e mantidas em bandejas com água, permitindo que os ramos mantivessem contato direto com a água. A criação foi mantida em sala

climatizada (nas mesmas condições mencionadas no item 2.1). Periodicamente, os ramos danificados pelos ácaros foram substituídos por ramos novos.

A criação de *T. ogmophallos* foi iniciada a partir de ácaros coletados em plantas de amendoim *Arachis hypogaea* L. Estes ácaros foram transferidos para plantas de amendoim, *A. hypogaea* cv. granoleico, cultivadas em vasos, com volume de 10 litros, contendo como substrato solo, areia e esterco bovino, na proporção de 1:1:1. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação sob condições ambientais. As plantas foram substituídas por plantas novas sempre que necessário.

2.4 Aspectos biológicos de *Eriopsis connexa*

O desenvolvimento e a reprodução de *E. connexa* foram avaliados em quatro grupos, de acordo com a dieta oferecida: *T. urticae*, *T. evansi*, *T. ogmophallos* e *M. persicae*. Ovos do coccinelídeo depositados em 24 horas foram mantidos em placas de Petri de 12,0 cm de diâmetro, até à eclosão das larvas. Trinta larvas recém-eclodidas, com 24 horas de idade, foram individualizadas em placas de Petri de 9 cm de diâmetro, as quais foram seladas com filme de PVC e mantidas em sala climatizada nas mesmas condições mencionadas no item 2.1. Diferentes estágios (ovos, larvas, ninfas e adultos) de uma espécie específica de ácaro ou de pulgão, mencionada acima, juntamente com uma folha da planta hospedeira, foram fornecidos *ad libitum* durante toda a vida útil das larvas. Diariamente, as folhas infestadas com as presas foram substituídas, e a mudança de instar, mortalidade e emergência dos adultos foram registradas.

Para avaliar a longevidade e o desempenho reprodutivo dos adultos, os indivíduos foram sexados e pareados em casais. Cada casal foi transferido para copos plásticos transparentes de 350 mL e alimentado diariamente com as dietas simples de *T. urticae*, *T. ogmophallos*, *T. evansi* ou *M. persicae*, conforme realizado para a avaliação do desenvolvimento das larvas. As observações foram realizadas diariamente, avaliando-se os períodos de pré-oviposição (APOP: período entre a emergência do adulto e sua primeira oviposição), pré-oviposição total (TPOP: período de ovo à primeira oviposição), oviposição, fecundidade (número de ovos por fêmea) e longevidade das fêmeas e machos.

2.5 Análise estatística

O tempo de desenvolvimento e os parâmetros populacionais de *E. connexa* foram estimados com base nos dados de duração e de sobrevivência dos estágios imaturos, período de pré-oviposição, fecundidade e fertilidade das fêmeas e longevidade das fêmeas e dos machos, utilizando-se do programa TWOSEXMSChart (Chi, 2020).

Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade foram determinados com os dados de todos os indivíduos estudados em todos os tratamentos, incluindo fêmeas, machos e indivíduos que morreram durante o desenvolvimento, conforme proposto por Chi (1988). Os dados originais de todos os indivíduos foram analisados segundo o modelo teórico proposto por Chi e Liu (1985). Para cada tratamento, foram estimados: a taxa de sobrevivência específica por estágio-idade (s_{xj}) (em que x é a idade e j é o estágio), taxa de sobrevivência específica por idade (l_x), fecundidade específica por estágio-idade (f_{xj}), fecundidade específica por idade (m_x), taxa reprodutiva líquida (R_0), taxa intrínseca de aumento (r), taxa finita de aumento (λ), tempo médio de uma geração (T), expectativa específica de vida por estágio-idade (e_{xj}), e valor reprodutivo específico por estágio-idade (V_{xj}). Os parâmetros foram determinados de acordo com as seguintes equações:

Taxa de sobrevivência específica por estágio-idade (s_{xj}) (a probabilidade de um ovo recém-ovipositado por *E. connexa* sobreviver até à idade x e estágio j):

$$s_{xj} = \frac{n_x}{n_{01}}$$

Em que n_{01} é o número total de indivíduos usados no início do estudo da tabela de vida e n_{xj} é o número de indivíduos que sobreviveram até a idade x e estágio j .

A taxa de sobrevivência específica por idade (l_x):

$$l_x = \sum_{j=1}^k s_{xj}$$

A fecundidade específica dos indivíduos de idade x e estágio j (f_{xj}):

$$f_{xj} = \frac{E_{xj}}{n_{xj}}$$

Em que E_{xj} é o número total de ovos postos por indivíduos n_{xj} .

A fecundidade específica por idade (m_x):

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^k s_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^k s_{xj}}$$

Taxa reprodutiva líquida:

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

Taxa intrínseca de aumento (r), estimada pela fórmula de Euler-Lotka (Goodman 1982):

$$\sum_{i=x}^{\infty} e^{-r(i+1)} l_x m_x = 1$$

Taxa finita de aumento (λ):

$$\lambda = e^r$$

Tempo médio de cada geração (T):

$$T = \frac{\ln R_0}{r}$$

A expectativa de vida (e_{xj}), tempo esperado que um indivíduo de idade x e estágio j sobreviva, foi calculada de acordo com Chi e Su (2006):

$$e_{xj} = \sum_{i=x}^{\infty} \sum_{y=1}^k s'_{iy}$$

O valor reprodutivo (V_{xj}) (a contribuição de indivíduos de idade x e estágio j para a futura população) foi calculado de acordo com Tuan et al. (2014), conforme:

$$V_{xj} = \frac{e^{-r(x+1)}}{s_{xy}} \sum_{i=x}^{\infty} e^{-r(i=1)} \sum_{j=y}^m s'_{iy} f_{iy}$$

Os erros-padrões de cada parâmetro foram estimados pelo método de bootstrap, reamostrados 100.000 vezes, seguindo o procedimento de Huang e Chi (2012). As médias de cada tratamento foram comparadas pelo teste de bootstrap ($p < 0,05$) (Efron e Tibshirani, 1993).

3. Resultados

A duração da fase imatura de ambos os sexos da joaninha foi menor com *M. persicae* e *T. urticae*, devido aos estágios de ovo, larva e pupa terem sido significativamente mais curtos (Tabela 1). *Eriopsis connexa*, alimentada com *T.*

evansi, não completou o ciclo de desenvolvimento, apresentando prolongamento do quarto instar, e nenhuma larva atingiu a fase de pupa. A sobrevivência dos imaturos de *E. connexa* foi superior a 95%, quando alimentados com *T. urticae* e *M. persicae* (Tabela1).

Tabela 1. Média ($\pm$ EP) Duração dos estágios imaturos de *Eriopis connexa* alimentada com *Tetranychus urticae*, *Tetranychus evansi*, *Tetranychus ogmophallos* ou *Myzus persicae* a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo de 12 horas.

Estágio	<i>Tetranychus urticae</i>	<i>Tetranychus evansi</i>	<i>Tetranychus ogmophallos</i>	<i>Myzus persicae</i>
Ovos (segunda geração)	$3,0 \pm 0,0$ b	-	$3,3 \pm 0,1$ a	$3,0 \pm 0,0$ b
Larva (1 ^o instar)	$2,2 \pm 0,1$ b	$2,3 \pm 0,0$ b	$3,2 \pm 0,1$ a	$2,2 \pm 0,1$ b
Larva (2 ^o instar)	$2,3 \pm 0,1$ b	$3,1 \pm 0,1$ a	$2,9 \pm 0,1$ a	$2,3 \pm 0,1$ b
Larva (3 ^o instar)	$2,5 \pm 0,1$ b	$3,4 \pm 0,1$ a	$3,4 \pm 0,1$ a	$2,5 \pm 0,1$ b
Larva (4 ^o instar)	$4,4 \pm 0,1$ b	-	$4,6 \pm 0,1$ a	$3,9 \pm 0,1$ c
Pré-Pupa	$1,0 \pm 0,0$ a	-	$1,0 \pm 0,0$ a	$1,0 \pm 0,0$ a
Pupa	$3,4 \pm 0,1$ b	-	$4,4 \pm 0,1$ a	$3,5 \pm 0,1$ b
Duração estágio imaturo				
Fêmea	$18,8 \pm 0,9$ b	-	$22,7 \pm 0,3$ a	$18,5 \pm 0,4$ b
Macho	$18,7 \pm 0,4$ b	-	$22,8 \pm 0,3$ a	$18,4 \pm 0,4$ b
Taxa de sobrevivência	$0,97 \pm 0,0$ a	-	$0,73 \pm 0,1$ b	$0,97 \pm 0,0$ a

Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem entre si. Os erros padrões (EP) foram estimados usando 100.000 bootstraps. As médias foram comparadas pelo teste de bootstrap pareado com nível de significância de 5%.

O período de pré-oviposição (APOP) e de pré-oviposição total (TPOP) foi significativamente curto para *E. connexa* alimentada com *M. persicae* e *T. urticae* comparado ao observado com *T. ogmophallos* (Tabela 2). A longevidade, a fecundidade e os dias de oviposição foram maiores nos predadores alimentados com *T. urticae* e *M. persicae* (Tabela 2).

Tabela 2. Média ($\pm$ EP) da duração dos períodos de pré-oviposição (APOP), pré-oviposição total (TPOP), longevidade, dias de oviposição e fecundidade de *Eriopis connexa* alimentada com *Tetranychus urticae*, *T. ogmophallos* e *Myzus persicae* a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo de 12 horas.

Parâmetros	<i>Tetranychus urticae</i>	<i>Tetranychus ogmophallos</i>	<i>Myzus persicae</i>
APOP (dias)	$8,1 \pm 0,1$ b	$12,2 \pm 1,1$ a	$7,1 \pm 0,3$ b
TPOP (dias)	$26,9 \pm 0,5$ b	$34,9 \pm 1,1$ a	$25,6 \pm 0,5$ b
Longevidade fêmeas (dias)	$111,8 \pm 3,3$ a	$50,6 \pm 3,4$ b	$111,6 \pm 2,6$ a
Longevidade machos (dias)	$108,5 \pm 2,4$ a	$49,4 \pm 2,8$ b	$110,1 \pm 3,2$ a
Longevidade total (dias)	$107,2 \pm 3,6$ a	$50,6 \pm 3,4$ b	$107,8 \pm 4,0$ a
Dias de oviposição	$35,0 \pm 1,1$ a	$3,5 \pm 0,5$ b	$34,5 \pm 1,4$ a
Fecundidade (ovos/fêmea)	$452,7 \pm 15,8$ a	$19,4 \pm 2,5$ b	$467,2 \pm 23,9$ a

Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem entre si. Os erros-padrões (EP) foram estimados usando 100.000 bootstraps. As médias foram comparadas pelo teste de bootstrap, pareado com nível de significância de 5%.

As curvas s_{xj} indicaram a probabilidade de um ovo recém-ovipositado sobreviver até à idade x e evoluir para o estágio j (Figura 1). Devido à variação dos estágios de desenvolvimento e de sobrevivência do predador alimentado com as diferentes presas, significativa sobreposição foi observada nas curvas de s_{xj} . A probabilidade de um ovo recém-colocado sobreviver até à fase adulta foi maior e semelhante em joaninhas alimentadas com *T. urticae* e *M. persicae* (0,5 para fêmeas e 0,46 para os machos). Em joaninhas criadas em *T. ogmophallos*, essa probabilidade foi de 0,33 para fêmeas e 0,40 para os machos. Por outro lado, a probabilidade de larvas recém-eclodidas atingirem a fase adulta com o predador alimentando-se de *T. evansi* foi zero (Figura 1).

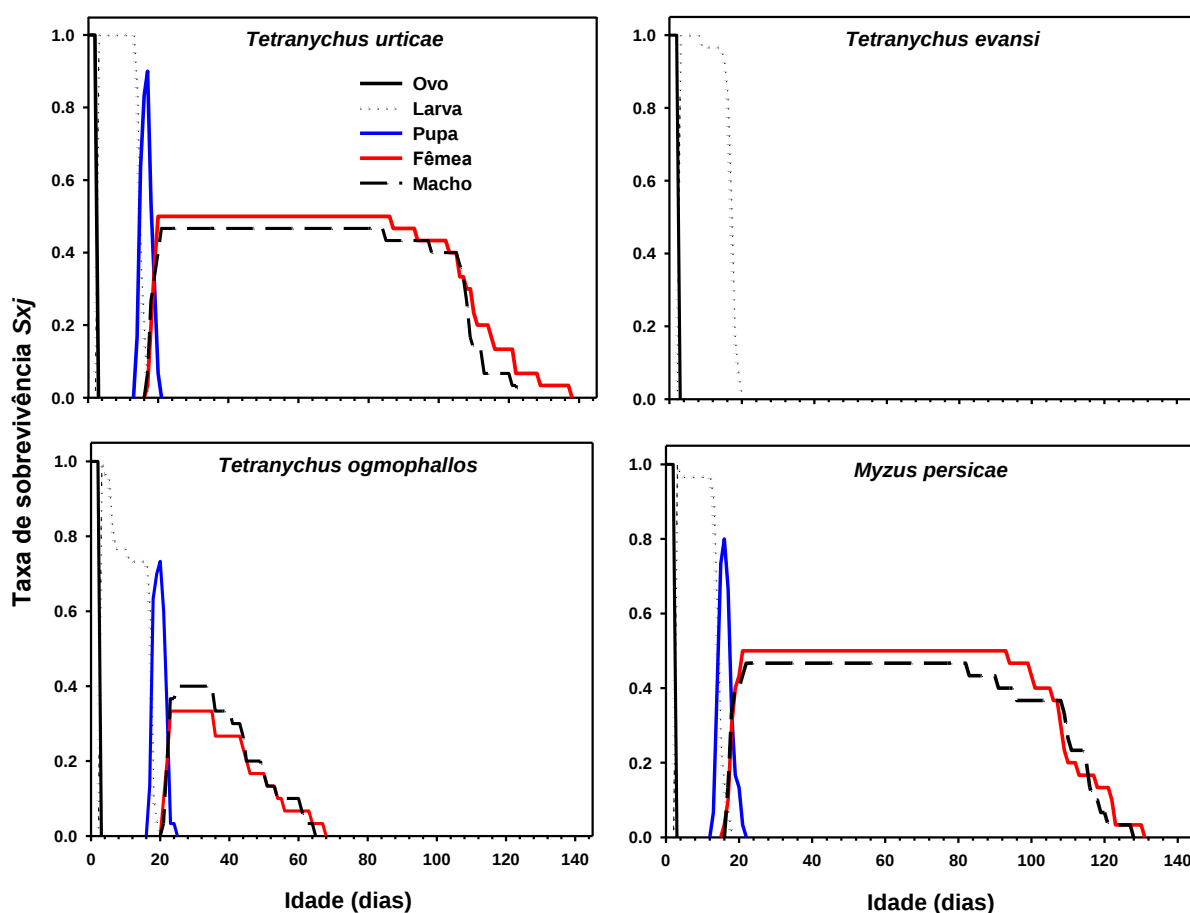


Figura 1. Taxa de sobrevivência específica por estágio-idade (s_{xj}) de *Eriopsis connexa* alimentada com *Tetranychus urticae*, *T. evansi*, *T. ogmophallos* e *Myzus persicae*.

A taxa de sobrevivência específica por idade (l_x) indicou que 96,7% dos indivíduos de *E. connexa*, criados com *T. urticae* ou *M. persicae*, permaneciam vivos

aos 60 dias de idade (Figura 2). Entretanto, em joaninhas alimentadas com *T. ogmophallos* no 60º dia essa sobrevivência foi de apenas 16,7%. A curva de fecundidade específica por estágio-idade (f_{x4}) indicou os maiores picos de ovos produzidos em *E. connexa* alimentada com *T. urticae* (11,3 ovos) e *M. persicae* (9,3 ovos) aos 57º e 37º dias após a eclosão das larvas, respectivamente. Para o predador alimentado com *T. ogmophallos*, o maior pico de ovos produzidos (2,9) foi aos 37 dias de idade (Figura 2). *Eriopis connexa* exibiu o maior valor de fecundidade específica por idade (m_x) quando alimentada com *T. urticae* (5,8 ovos) e *M. persicae* (5,1 ovos), aos 57 e 49 dias de idade, respectivamente (Figura 2).

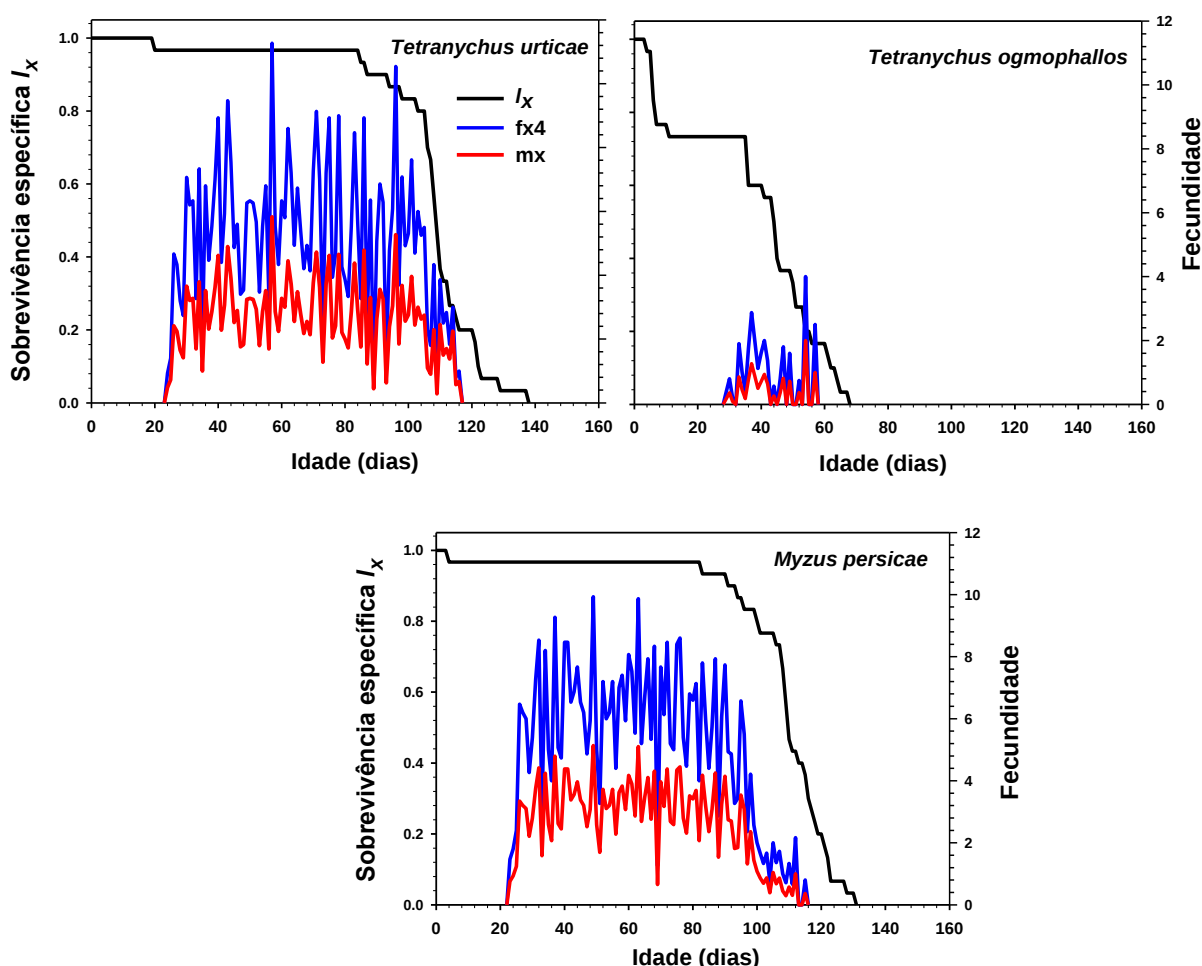


Figura 2. Taxa de sobrevivência específica por idade (l_x), fecundidade específica por idade (m_x) e fecundidade específica por estágio-idade (f_{x4}) de *Eriopis connexa* alimentada com *Tetranychus urticae*, *Tetranychus ogmophallos* e *Myzus persicae*.

Os maiores valores de maternidade específica ($l_x m_x$) ocorreram em *T. urticae* e *M. persicae* com 5,6 e 4,9 descendentes (Figura 3). A expectativa de vida de um ovo de *E. connexa* recém-ovipositado (e_{01}) foi cerca de 108 dias, quando alimentada com *T. urticae* e *M. persicae* (Figura 4). Por outro lado, essa expectativa foi de 18 e 39 dias em joaninhas alimentadas com *T. evansi* e *T. ogmophallos*, respectivamente (Figura 4).

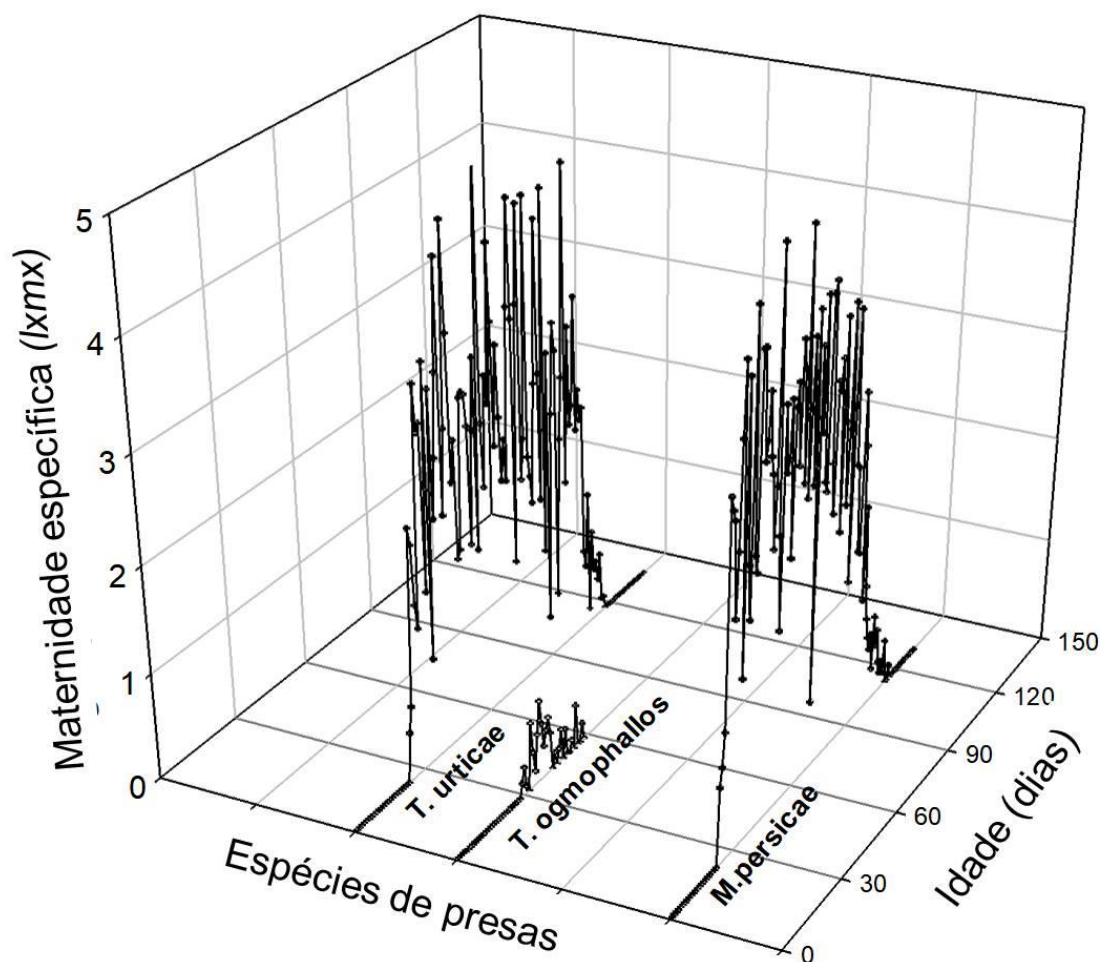


Figura 3. Maternidade específica ($l_x m_x$) de *Eriopsis connexa* alimentada com *Tetranychus urticae*, *Tetranychus ogmophallos* ou *Myzus persicae*.

O valor reprodutivo do estágio-idade (v_{xj}) de um ovo recém-colocado (v_{01}) foi superior em ovos do predador que se originaram a partir das fêmeas alimentadas com *M. persicae* e *T. urticae* (1,134 e 1,125, respectivamente) (Figura 5). As fêmeas próximas ao pico de reprodução contribuíram mais para o crescimento populacional em comparação às de outras idades e estágios. O pico v_{xj} de uma fêmea adulta de *E. connexa*, alimentada com *M. persicae*, *T. urticae* e *T. ogmophallos*, foi de 59,0; 57,0 e 14,2, respectivamente (Figura 5).

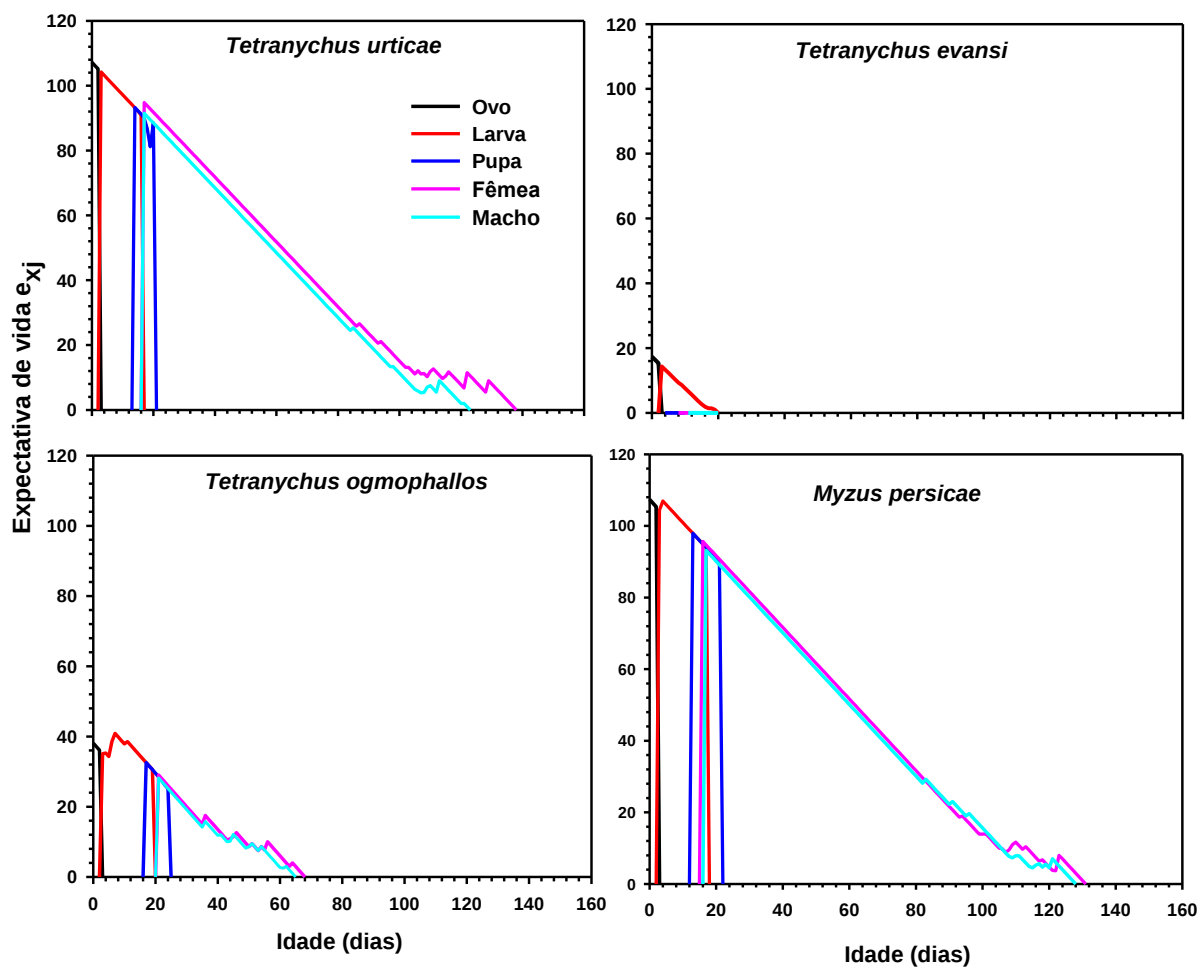


Figura 4. Expectativa de vida específica por estágio-idade (e_{xj}) de *Eriopis connexa* alimentada com *Tetranychus urticae*, *T. evansi*, *T. ogmophallos* e *Myzus persicae*.

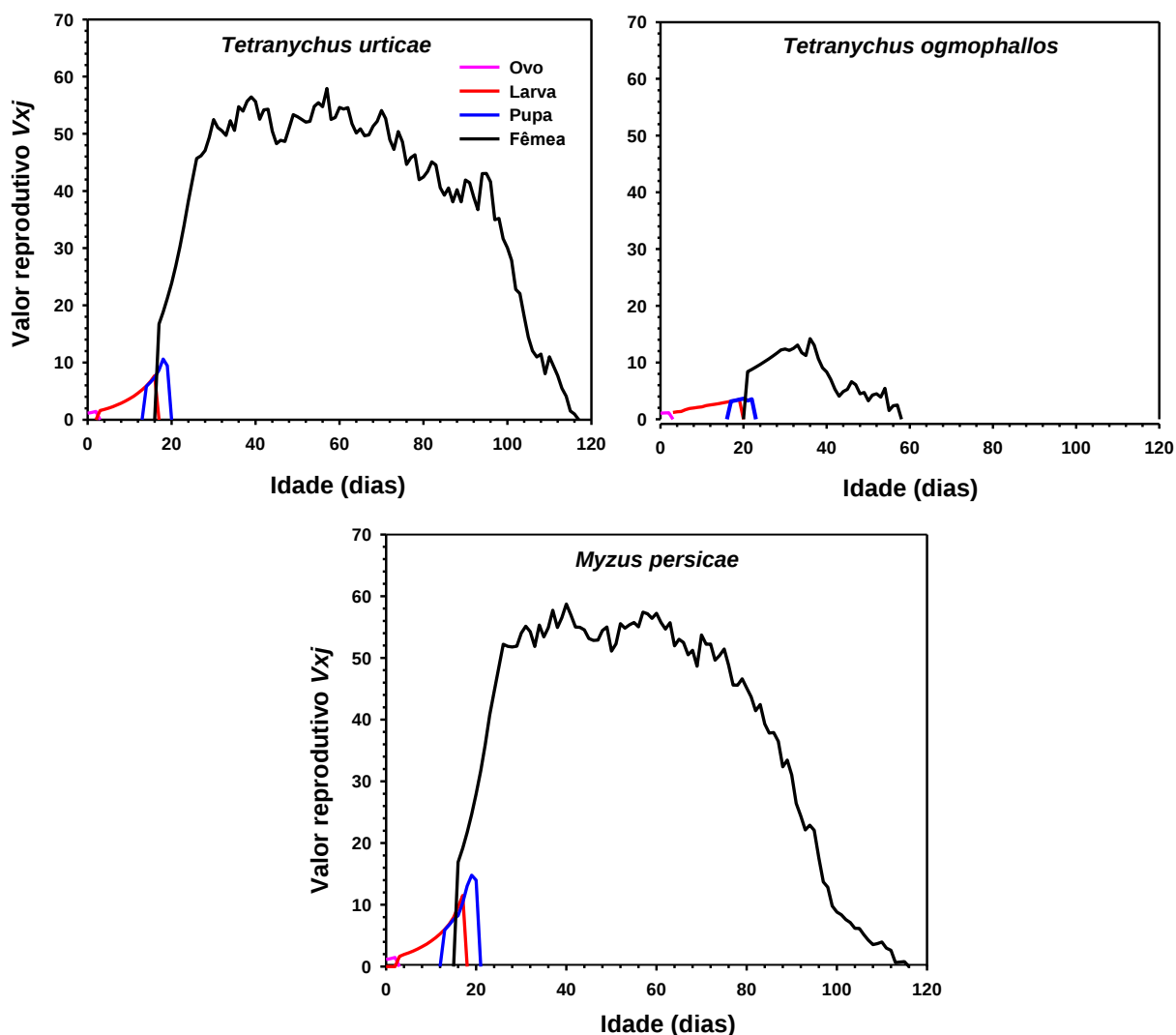


Figura 5. Valor reprodutivo por estágio-idade (v_{xj}) de *Eriopis connexa* alimentada com *Tetranychus urticae*, *Tetranychus ogmophallos* e *Myzus persicae*.

Todos os parâmetros de crescimento populacional do predador foram significativamente influenciados pelas presas (Tabela 3). A taxa líquida de reprodução (R_0), taxa intrínseca de aumento (r) e a taxa finita de aumento (λ) foram significativamente maiores para joaninhas criadas em *M. persicae* e *T. urticae*, em comparação à *T. ogmophallos*.

Tabela 3. Média ($\pm$ EP) dos parâmetros de tabela de vida de *Eriopis connexa* alimentada com *Tetranychus urticae*, *T. ogmophallos* e *Myzus persicae* a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de Umidade Relativa (UR) e fotoperíodo de 12 horas.

Parâmetros	<i>Tetranychus urticae</i>	<i>Tetranychus ogmophallos</i>	<i>Myzus persicae</i>
R_0 (descendentes/ indivíduos)	226,33 $\pm$ 42,13 a	6,46 $\pm$ 1,86 b	233,60 $\pm$ 44,16 a
R (dia ⁻¹)	0,118 $\pm$ 0,005 a	0,046 $\pm$ 0,007 b	0,126 $\pm$ 0,006 a
λ (dia ⁻¹)	1,125 $\pm$ 0,007a	1,048 $\pm$ 0,008 b	1,113 $\pm$ 0,007 a
T (dia ⁻¹)	45,93 $\pm$ 1,04 a	40,57 $\pm$ 1,72 b	43,42 $\pm$ 0,98 ab

Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem entre si. Os erros-padrões (EP) foram estimados usando 100.000 bootstraps e comparados pelo teste de bootstrap, pareado com nível de significância de 5%. R_0 = taxa reprodutiva líquida; r = Taxa intrínseca de aumento; λ = taxa finita de aumento; T = tempo médio de geração.

4. Discussão

Parâmetros biológicos da joaninha *E. connexa* foram comparados pela primeira vez sob regime de alimentação com ácaros tetraniquídeos. Este estudo foi realizado para compreender o efeito de *T. urticae*, *T. ogmophallos* e *M. persicae* sobre o desenvolvimento, sobre a fecundidade e sobre a taxa de sobrevivência de *E. connexa*.

Considerando os parâmetros biológicos e populacionais de *E. connexa*, os resultados indicaram que as espécies de presas afetaram os parâmetros de desenvolvimento e a reprodução do predador. Resultados semelhantes foram obtidos por Duarte et al. (2013), ao avaliarem a influência de diferentes espécies de pulgões sobre o predador *E. connexa* e descobriram que os parâmetros biológicos foram significativamente influenciados pela fonte de alimento, com período de desenvolvimento variando de 17 a 28 dias, de acordo com a presa utilizada.

O período de incubação dos ovos foi semelhante para o predador alimentado com *M. persicae* e *T. urticae*. Oliveira et al. (2004) relataram que o período de incubação foi de 3,9 dias para *E. connexa* criada em *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae), valor superior ao obtido neste estudo. Diferenças no período de incubação dos ovos, geralmente, são atribuídas à qualidade dos alimentos ingeridos pelas fêmeas, sendo que alimentos mais nutritivos resultam em menor período de incubação dos ovos (Omkar e James, 2004; Bista e Omkar, 2013).

A duração e as taxas de sobrevivência dos estádios de larva de *E. connexa* foram afetadas pelas espécies de presa avaliadas. Resultados positivos foram observados em joaninhas criadas com *T. urticae* e *M. persicae*, pois os insetos

desenvolveram-se mais rapidamente e com menor índice de mortalidade. Resultados semelhantes foram verificados por Silva et al. (2013a), que constataram que a fase larval de *E. connexa* variou de 11 a 13 dias quando alimentada com espécies de pulgões e ovos de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).

Eriopis connexa apresentou maiores longevidade e fecundidade quando alimentada com *T. urticae* e *M. persicae*. Esses resultados sugerem que *M. persicae* e *T. urticae* são fontes mais adequadas de nutrientes para este predador, visto que o consumo de alimentos, nutricionalmente adequados, favorecem os parâmetros biológicos do inimigo natural (Omkar e Srivastava, 2003). No presente estudo, a fecundidade e a longevidade de *E. connexa* alimentada com *T. urticae* e *M. persicae* foram superiores aos relatados por Resende et al. (2015) para este mesmo coccinelídeo alimentado com pulgões e pólen.

Com base na estimativa dos parâmetros da tabela de vida, os resultados evidenciaram que as joaninhas criadas em *T. urticae* e *M. persicae* apresentaram maiores taxa reprodutiva líquida (R_0), taxa intrínseca de aumento (r) e taxa finita de aumento (λ). Essas diferenças são devidas ao desenvolvimento mais rápido do estágio imaturo e ao maior número de ovos produzidos por fêmeas de *E. connexa*. Portanto, este resultado sugere maior potencial reprodutivo desse predador alimentado com essas duas presas. Esses resultados podem ser comparados com os achados anteriores de Farooq et al. (2018), em que os parâmetros da tabela de vida de *Coccinella septempunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) variaram significativamente, de acordo com as presas estudadas, e *M. persicae* foi considerada a presa mais adequada para esse predador.

Embora *E. connexa* tenha-se desenvolvido ao ser alimentada com *T. ogmophallos*, provavelmente esta presa ofereceu menor teor de nutrientes, devido ao maior tempo de desenvolvimento do predador. Geralmente, alimentos com baixa qualidade nutricional retardam o desenvolvimento dos predadores, sendo necessário maior tempo de alimentação para obtenção de recursos alimentares suficientes para completar seu desenvolvimento (Snyder et al., 2000; Shafiei et al., 2001). No entanto, ainda que *T. ogmophallos* tenha sido uma presa subótima para este coccinelídeo, não deve ser considerada como inadequada, pois proporcionou o desenvolvimento e a reprodução do predador. Além disso, *E. connexa* caracteriza-se como predador generalista, podendo consumir tanto presas alternativas quanto

essenciais em agroecossistemas. Presas alternativas podem contribuir para a manutenção da população do predador em ambientes agrícolas, quando as presas essenciais ainda não estiverem disponíveis (Michaud, 2005). Ressalta-se, ainda, que este é o primeiro estudo que relata a biologia de um predador alimentando-se de *T. ogmophallos*.

Eriopis connexa completou seu desenvolvimento alimentando-se de todas as presas oferecidas, exceto com *T. evansi*. Por que *E. connexa* não se desenvolveu a partir do quarto instar recebendo somente *T. evansi* como alimento? Provavelmente, *T. evansi* não é uma presa nutricionalmente adequada para *E. connexa*. Durante o último instar, larvas de coccinelídeos necessitam de maior acúmulo nutricional para suprir a demanda energética necessária para diferenciação pupal e adulta. Desta forma, provavelmente, *T. evansi* não forneceu nutrientes necessários para *E. connexa* passar para a fase de pupa (Ipert, 1999). Além disso, *T. evansi* “sequestra” metabólitos secundários tóxicos das plantas, acumulando-os em seu corpo (Moraes et al., 1987), o que o torna inadequado como presa para inúmeros predadores (Moraes e McMurtry 1985; Sarmiento et al., 2004; Oliveira et al., 2005). Como a toxicidade da presa pode reduzir a absorção de nutrientes pelos predadores (Lemos, 2015), pode ser que *E. connexa*, ao aumentar sua taxa de consumo durante o quarto instar, conseqüentemente, aumentou a taxa de ingestão de compostos tóxicos, afetando negativamente a diferenciação pupal (Cruz-Rivera e Hay, 2003).

Os parâmetros biológicos de *E. connexa* sugerem que *M. persicae*, *T. urticae* e *T. ogmophallos* podem ser considerados presas essenciais, e *T. evansi* presa alternativa. O consumo de presas essenciais proporciona crescimento, desenvolvimento de larvas e reprodução dos adultos. Presas alternativas fornecem energia e nutrientes, mas não permitem o desenvolvimento e a reprodução do predador (Hodek, 1996).

Os resultados obtidos neste estudo fornecem informações essenciais para futuros Programas de Controle Biológico de ácaros e pulgões, destacando-se *E. connexa* como um possível agente de controle. No entanto, enfatiza-se que este é apenas um dos passos para avaliar o potencial de um inimigo natural no controle de pragas (Van Lenteren et al., 2019). Estudos de campo ou semicampo e testes de capacidade predatória devem ser realizados para verificar a eficácia e o real potencial desse predador como agente de controle biológico.

5. Referências

Azandémè-Hounmalon YG, Affognon HD, Komlan FA, Tamò M, Fiaboe KKM, Kreiter S, Martin T (2015) Farmers control practices against the invasive red spider mite, *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard in Benin. **Crop Protection** 76:53-58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2015.06.007>

Bass C, Puinean AM, Zimmer CT, Denholm I, Field LM, Foster SP, Gutbrod O, Nauen R, Slater R, Williamson MS (2014) The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology** 51:41-51. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.05.003>

Bista M, Omkar (2013) Effects of body size and prey quality on the reproductive attributes of two aphidophagous Coccinellidae (Coleoptera) species. **The Canadian Entomologist** 145:566-576. <https://doi.org/10.4039/tce.2013.34>

Chi H, Liu H (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. **Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica** 24: 225-240.

Chi H (1988) Life table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. **Environmental Entomology** 17:26-34. <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>

Chi H, Su HY (2006) Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. **Environmental Entomology** 35:10-21. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.1.10>

Chi H (2020) TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. Taichung: National Chung Hsing University.

Cruz-Rivera E, Hay ME (2003) Prey nutritional quality interacts with chemical defenses to affect consumer feeding and fitness. **Ecological Monographs** 73:483-506.

D'Ávila VA, Barbosa WF, Reis LC, Gallardo BSA, Torres JB, Guedes RNC (2018) Lambda-cyhalothrin exposure, mating behavior and reproductive output of pyrethroid-susceptible and resistant lady beetles (*Eriopis connexa*). **Crop Protection** 107:41-47. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.01.009>

Efron B, Tibshirani RJ (1993) An introduction to the bootstrap. New York: Chapman & Hall. 430 p.

Farooq M, Shakeel M, Iftikhar A, Shahid MR, Zhu X (2018) Age-stage, two-sex life tables of the lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on different aphid species. **Journal of Economic Entomology**, 111:575–585.

Gómez WD, Polanía IZ (2009) Life table of the predatory beetle *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica** 12:147-155.

Goodman D (1982) Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. **The American Naturalist** 119:803-823.

Grez AA, Viera B, Soares AO (2011) Biotic interactions between *Eriopis connexa* and *Hippodamia variegata*, a native and an exotic coccinellid species associated with alfalfa fields in Chile. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 142:36-44. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2011.01202.x>

Hodek I (1996) Food relationships. In: Hodek I, Honek A (eds) **Ecology of Coccinellidae**. Dordrecht: Kluwer Academic. p. 143-238.

Huang YB, Chi H (2012) Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. **Insect Science** 19:263-273. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2011.01424.x>

Iperti G (1999) Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. **Agriculture, Ecosystems & Environment** 74:323-342. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-50019-9.50018-2>

Lemos F (2015) **Indirect interactions in tomato attacked by *Tetranychus evansi***. 102 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa.

Li Y, Zhou X, Duan W, Pang B (2015) Food consumption and utilization of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) is related to host plant species of its prey, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). **Acta Entomologica Sinica** 58:1091-1097. <https://doi.org/10.16380/j.kcxb.2015.10.007>

Melville CC, Andrade SC, Oliveira NT, Andrade DJ (2018) Impact of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae) on different phenological stages of peanuts. **Bragantia** 77:116-123. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.2016364>

Michaud JP (2005) On the assessment of prey suitability in aphidophagous Coccinellidae. **European Journal of Entomology** 102:385-390. <http://dx.doi.org/10.14411/eje.2005.055>

Migeon A, Dorkeld F (2019) **Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae**. Disponível em: <http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb> Acesso em: 20 jul. 2019.

Mirande L, Haramboure M, Smagghe G, Pineda S, Schneider MI (2010) Side-effects of glyphosate on the life parameters of *Eriopis connexa* (coleoptera: coccinellidae) in Argentina. **Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences** 75:367-372.

Moghaddam MG, Golizadeh A, Hassanpour M, Rafiee-Dastjerdi H, Razmjou J (2016) Demographic traits of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Sitobion avenae* Fabricius (Homiptera: Aphididae). **Journal of Crop Protection** 5:431-445.

Moraes GJ, McMurtry JA (1985) Comparison of *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) as prey for eight species of phytoseiid mites. **Entomophaga** 30:393-397.

Moraes GJ, McMurtry JA, Baker EW (1987) Redescription and distribution of the spider mites *Tetranychus evansi* and *T. marianae*. **Acarologia** 28:333-343.

Nicastro RL, Sato ME, Arthur V, Silva MZ (2013) Chlorfenapyr resistance in the spider mite *Tetranychus urticae*: Stability, cross-resistance and monitoring of resistance. **Phytoparasitica** 41:503-513.

Oliveira EE, Oliveira CL, Sarmento RA, Fadini MAM, Moreira LR (2005) Biological aspects of the predator *Cycloneda sanguinea* (L., 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) fed with *Tetranychus evansi* (Baker and Pritchard, 1960) (Acari: Tetranychidae) and *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878) (Homoptera: Aphididae). **Bioscience Journal** 21:33-39.

Oliveira NC, Wilcken CF, Matos CAO (2004) Biological cycle and predation of three coccinellid species (Coleoptera, Coccinellidae) on giant conifer aphid *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera, Aphididae). **Revista Brasileira de Entomologia** 48:529-533. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262004000400016>

Omkar, Srivastava S (2003) Influence of six aphid prey species on development and reproduction of a ladybird beetle, *Coccinella septempunctata*. **BioControl** 48:379-393. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1024762822955>

Omkar RB, James BE (2004) Influence of prey species on immature survival, development, predation and reproduction of *Coccinella transversalis* Fabricius (Col., Coccinellidae). **Journal of Applied Entomology** 128:150-157. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2004.00826.x>

Orr D, Lahiri S (2014) Biological control of insect pests in crops, In: Abrol DP (ed) **Integrated pest management: Current concepts and ecological perspective**. London: Academic Press p. 531-548.

Resende ALS, Ferreira RB, Silveira LCP, Pereira LPS, Landim DV, Carvalho CF (2015) Desenvolvimento e reprodução de *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentada com recursos florais de coentro (*Coriandrum sativum* L.). **Entomotropica** 30:12-19.

Santos NR, Santos-Cividanes TM, Cividanes FJ, Anjos ACR, Oliveira LVL (2009) Biological aspects of *Harmonia axyridis* fed on two prey species and intraguild predation with *Eriopis connexa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 44:554-560.

Sarmiento RA, Pallini A, Venzon M, Souza, OFF, Molina-Rugama AJ, Oliveira CL (2007) Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 50:121-126.

Sarmiento RA, Oliveira HG, Holtz AM, Silva SM, Serrao JE, Pallini A (2004) Fat body morphology of *Eriopis connexa* (Coleoptera, Coccinellidae) in function of two alimentary sources. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 47:407-411. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132004000300011>

Sato ME, Veronez B, Stocco RSM, Queiroz MCV, Gallego R (2016) Spiromesifen resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): Selection, stability, and monitoring. **Crop Protection** 89:278-283.

Savi PJ, Moraes GJ, Melville CC, Andrade DJ (2019) Population performance of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) on African tomato varieties and wild tomato genotypes. **Experimental and Applied Acarology** 77:555-570. <https://doi.org/doi:10.1007/s10493-019-00364-6>

Schmidt JM, Sebastian P, Wilder SM, Rypstra AL (2012) The nutritional content of prey affects the foraging of a generalist arthropod predator. **PLoS One** 7:e49223. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049223>

Shafiei M, Moczek AP, Nijhout HF (2001) Food availability controls the onset of metamorphosis in the dung beetle *Onthophagus taurus* (Coleoptera: Scarabaeidae). **Physiological Entomology** 26:173-180. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3032.2001.00231.x>

Silva R.B, Cruz I, Zanuncio JC, Figueiredo MLC, Zanuncio TV, Serrão JE (2013a) *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs as alternative food for rearing of lady beetles *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control** 64:101-105. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.09.013>

Silva RB, Cruz I, Zanuncio JC, Figueiredo MLC, Canevari GC, Pereira AG, Serrão JE (2013b) Biological aspects of *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on different insect pests of maize (*Zea mays* L.) and sorghum [*Sorghum bicolor* L. (Moench.)]. **Brazilian Journal of Biology** 73:419-424. <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842013000200025>

Snyder WE, Joseph SB, Preziosi RF, Moore AJ (2000) Nutritional benefits of cannibalism for the lady beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) when prey quality is poor. **Environmental Entomology** 29:1173-1179. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.6.1173>

Stark JD, Banks JE (2003) Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology** 48:505-519.

Sun M, Voorrips RE., Steenhuis-Broers, G., van't Westende W, Vosman B (2018) Reduced phloem uptake of *Myzus persicae* on an aphid resistant pepper accession. **BMC Plant Biology** 18:1-14. <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1340-3>

Tabet VG, Vieira MR, Martins GLM, Sousa CGNM (2018) Plant extracts with potential to control of two-spotted spider mite. **Arquivos do Instituto Biológico** 85:1-8. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000762015>

Tian M, Wei Y, Zhang S, Liu T (2017) Suitability of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype-B and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) as prey for the ladybird beetle, *Serangium japonicum* (Coleoptera: Coccinellidae). **European Journal of Entomology** 114, 603-608. <https://doi.org/10.14411/eje.2017.073>

Tuan SJ, Lee CC, Chi H (2014) Population and damage projection of *Spodoptera litura* (F.) on peanuts (*Arachis hypogaea* L.) under different conditions using the age-stage, two-sex life table. **Pest Management Science** 70:805-813. <https://doi.org/10.1002/ps.3618>

van Lenteren JC, Bueno VHP, Burgio G, Lanzoni A, Montes FC, Silva DB, Jong PW, Hemerik L (2019) Pest kill rate as aggregate evaluation criterion to rank biological control agents: a case study with Neotropical predators of *Tuta absoluta* on tomato. **Bulletin of entomological research** 109:812-820.

Zhang SZ, Zhang F, Hua BZ (2007) Suitability of various prey types for the development of *Propylea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). **European Journal of Entomology** 104:149-152. <https://doi.org/10.14411/eje.2007.021>

CAPÍTULO 3 - Adequação de diferentes espécies de presas para o predador *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae)

Resumo - A joaninha *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae) é um importante inimigo natural de diversas pragas em agroecossistemas. Neste estudo, foi avaliada a biologia de *H. convergens* em quatro espécies de presas: *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae); *Tetranychus urticae* Koch; *Tetranychus ogmophallos* Ferreira; e Flechtmann e *Tetranychus evansi* Baker e Pritchard (Acari: Tetranychidae). O experimento foi realizado em condições de laboratório a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, $60\pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas. *Hippodamia convergens* alimentou-se de todas as presas avaliadas. No entanto, apenas o pulgão *M. persicae* proporcionou o desenvolvimento e a reprodução deste predador. A fecundidade e a longevidade de *H. convergens* alimentada com *M. persicae* foi de 505,3 ovos por fêmea e 112,2 dias, respectivamente. A taxa intrínseca de aumento (r), a taxa finita de aumento (λ) e o tempo médio de geração (T) foram: $0,152 \text{ dia}^{-1}$, $1,164 \text{ dia}^{-1}$ e 36,392 dias, respectivamente. A taxa reprodutiva líquida R_0 foi de 252,66 indivíduos.

Palavras-chave: Inimigo natural, Joaninha, *Tetranychus urticae*, *Tetranychus ogmophallos*, *Tetranychus evansi*.

**CAPÍTULO 3 – Suitability of different species of prey for the predator
Hippodamia convergens Guérin-Ménéville (Coleoptera:
Coccinellidae)**

Abstract – The ladybeetle *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae) is an important natural enemy of several pests in agroecosystems. We evaluated under laboratory conditions, the biology of *H. convergens* feeding on four prey species: *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), *Tetranychus urticae* Koch, *Tetranychus ogmophallos* Ferreira and Flechtmann, and *Tetranychus evansi* Baker and Pritchard (Acari: Tetranychidae). *Hippodamia convergens* fed on all prey evaluated. However, only the aphid *M. persicae* provided the immature development and reproduction for this predator. The fecundity and longevity of *H. convergens* feeding on *M. persicae* was 505.3 eggs per female and 112.2 days, respectively. The intrinsic rate of increase (r), the finite rate of increase (λ) and the average generation time (T) were: 0.152 day⁻¹, 1.164 day⁻¹ and 36.392 days, respectively. The net reproductive rate R_0 was 252.66 eggs/individual.

Keywords: Natural enemy, Ladybeetle, *Tetranychus urticae*, *Tetranychus ogmophallos*, *Tetranychus evansi*.

1. Introdução

Os coccinelídeos (Coleoptera) são conhecidos como importantes inimigos naturais de pulgões, cochonilhas, moscas-brancas e ácaros (Obrycki e Kring, 1998; Ipert, 1999; Obrycki et al., 2009). Dentre as espécies de coccinelídeos, *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae) destaca-se como um importante agente de controle biológico. Larvas e adultos desta espécie são altamente vorazes e podem reduzir populações de pragas agrícolas em curto período de tempo (Santos, 2012).

Nos últimos anos, *H. convergens* tem ganhado destaque e diversos estudos vem sendo desenvolvidos visando avaliar o potencial deste coccinelídeo para o controle de pragas (Delgado-Ramírez et al., 2019; Iftikhar et al., 2020; Aita et al., 2020). Boiça-Júnior et al. (2004) demonstraram que larvas de *H. convergens* podem reduzir em até 87% o nível populacional de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) na cultura do algodão. No entanto, embora *H. convergens* seja um predador generalista nem todas as presas são igualmente adequadas para esse inimigo natural (Phoofolo et al., 2007; Hinkelman e Brigitte, 2013; Jessie et al., 2015).

Nos agroecossistemas, os ácaros tetraniquídeos e os pulgões configuram importantes pragas agrícolas (Bass et al., 2014; Fathipour e Maleknia, 2016). Dentre os pulgões, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) (Hemiptera: Aphididae) é uma praga agrícola de importância mundial devido ao seu elevado potencial de dano (Bass et al., 2014), enquanto a família Tetranychidae agrupa espécies de ácaros de grande importância, como o ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), o ácaro-vermelho-do-amendoim *Tetranychus ogmophallos* Ferreira e Flechtmann (Acari: Tetranychidae) e o ácaro-vermelho-do-tomateiro *Tetranychus evansi* Baker e Pritchard (Acari: Tetranychidae).

O ácaro-rajado é uma espécie altamente polífaga e infesta inúmeras plantas cultivadas, sendo uma das principais pragas agrícolas em diversos países (Nemati et al., 2020, Renkema et al., 2020). Por outro lado, os ácaros-vermelhos-do-amendoim e do tomateiro são pragas emergentes (Savi et al., 2019; Melville et al., 2019).

O controle químico tem sido o método mais utilizado no controle dessas pragas (Bass et al., 2014; Fathipour e Maleknia, 2016). No entanto, essa tática

apresenta algumas desvantagens, que incluem resistência, os impactos negativos às espécies não alvo e os efeitos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana (Sedarian et al., 2008; Bass et al., 2014). Devido à necessidade de encontrar alternativas, estudos sobre agentes de controle biológico aumentaram significativamente nas últimas décadas (Fiaboe et al., 2007; Meseguer Rosagro et al., 2019; Li e Zhang, 2020).

Estudar a preferência e a adequação das presas para o desenvolvimento dos inimigos naturais é o primeiro passo para determinar o potencial dos predadores como agentes de controle biológico (Thompson, 1951; Tsaganou et al., 2004). Entretanto, apesar de *H. convergens* ser referida como importante predadora de diversas pragas (Hodek e Honek, 2012; Hinkelman e Brigitte, 2013; Delgado-Ramírez et al., 2019), ainda não existem estudos que tenham demonstrado a adequação de ácaros para o desenvolvimento deste inimigo natural. Assim, este trabalho teve como objetivo estudar os aspectos biológicos de *H. convergens* alimentada com três espécies de ácaros tetraniquídeos e uma espécie de pulgão.

2. Material e Métodos

2.1 Criação de *Hippodamia convergens*

As joaninhas foram mantidas em gaiolas constituídas por tubos de PVC de 10 cm de altura por 10 cm de diâmetro, forradas internamente com papel sulfite e vedadas com tecido *voile*. Os insetos foram alimentados com ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) e dieta constituída por lêvedo de cerveja e mel, na proporção de 1:1. Diariamente, os ovos de *H. convergens* foram retirados das gaiolas e mantidos em placas de Petri de 12,0 cm de diâmetro, vedadas com filme de PVC. A água foi fornecida por meio de esponja de polietileno umedecida (Santos et al., 2009). A criação dos coccinelídeos foi mantida em sala climatizada a $25\pm1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $60\pm10\%$ e fotofase de 12 horas.

2.2 Criação de *Myzus persicae*

A criação de *M. persicae* foi iniciada com insetos coletados em plantas de couve *Brassica oleracea* L. var. *acephala*. Folhas de couve foram utilizadas como

substrato de alimentação para a manutenção dos pulgões. Para isso, discos de folhas de couve de 2,5 cm de diâmetro foram dispostos com a face abaxial voltada para cima, em placas de Petri de 5,0 cm de diâmetro, contendo uma lâmina de 5,0 mm de ágar-água a 1%, para manter a turgidez dos discos. Posteriormente, os discos foram infestados com ninfas e adultos de *M. persicae*. As placas de Petri foram vedadas com filme de PVC e mantidas em câmara climatizada a $23\pm1^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm10\%$ e fotofase de 12 horas. A camada de ágar-água e os discos foliares foram trocados duas vezes por semana.

2.3 Criação de ácaros tetraniquídeos

A criação de *T. urticae* foi realizada sobre plantas de feijão-de-porco *Canavalia ensiformes* (L.) cultivadas em vasos de cinco litros, contendo como substrato solo, areia e esterco bovino, na proporção de 1:1:1. A criação foi mantida em sala climatizada, nas mesmas condições mencionadas no item 2.1.

A criação de *T. evansi* foi estabelecida sobre plantas de tomateiro-cereja (*Solanum lycopersicum* L. var. *Cerasiforme*). Plantas com sintomas severos de ataque de ácaros foram substituídas periodicamente por novas plantas. A criação foi mantida em sala climatizada, nas mesmas condições mencionadas no item 2.1.

A criação de *T. ogmophallos* foi iniciada a partir de ácaros coletados em plantas de amendoim, *Arachis hypogaea* L. Estes ácaros foram transferidos para plantas de amendoim, *A. hypogaea* cv. granoleico, cultivadas em vasos com volume de 10 litros, contendo como substrato solo, areia e esterco bovino, na proporção de 1:1:1. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação sob condições ambientais. As plantas foram substituídas por plantas novas sempre que necessário.

2.4 Aspectos biológicos de *Hippodamia convergens*

O desenvolvimento e a reprodução de *H. convergens* foram avaliados em quatro grupos, de acordo com a dieta oferecida: *T. urticae*, *T. evansi*, *T. ogmophallos* e *M. persicae*. Ovos do coccinelídeo, depositados em 24 horas, foram mantidos em placas de Petri de 12,0 cm de diâmetro até à eclosão das larvas. Os ovos foram

selecionados a partir de massas de ovos colocadas por diferentes fêmeas. Trinta larvas recém-eclodidas de *H. convergens* com 24 horas de idade, foram individualizadas em placas de Petri de 9 cm de diâmetro, seladas com filme de PVC e mantidas em sala climatizada nas mesmas condições mencionadas no item 2.1. Diferentes estágios (ovos, larvas, ninfas e adultos) de uma espécie específica de ácaro ou de pulgão, mencionada acima, juntamente com uma folha da planta hospedeira, foram fornecidos ad libitum durante toda a vida útil das larvas. Diariamente, as folhas infestadas com as presas foram substituídas, e a mudança de instar, mortalidade e emergência dos adultos foram registradas.

Para avaliar a longevidade e o desempenho reprodutivo dos adultos, os indivíduos foram sexados e pareados em casais. Cada casal foi transferido para copos plásticos transparentes com 350 mL de capacidade e alimentado diariamente com as dietas simples de *T. urticae*, *T. ogmophallos*, *T. evansi* ou *M. persicae*, conforme realizado para avaliação do desenvolvimento das larvas. As observações foram realizadas diariamente, avaliando-se os períodos de pré-oviposição (APOP: período entre a emergência do adulto e sua primeira oviposição), pré-oviposição total (TPOP: período de ovo à primeira oviposição), oviposição, fecundidade (número de ovos por fêmeas) e a longevidade das fêmeas e dos machos.

2.5 Análise estatística

O tempo de desenvolvimento e os parâmetros populacionais de *H. convergens* foram estimados com base nos dados de duração e da sobrevivência dos estágios imaturos, período de pré-oviposição, fecundidade e fertilidade das fêmeas e longevidade das fêmeas e dos machos, utilizando-se do programa TWOSEXMSChart (Chi, 2020).

Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade foram determinados com os dados de todos os indivíduos estudados em todos os tratamentos, incluindo fêmeas, machos e indivíduos que morreram durante o desenvolvimento, conforme proposto por Chi (1988). Os dados originais de todos os indivíduos foram analisados segundo o modelo teórico proposto por Chi e Liu (1985). Para cada tratamento, foram estimados: a taxa de sobrevivência específica por estágio-idade (s_{xj}) (em que x é a idade e j é o estágio), a taxa de sobrevivência específica por idade (l_x), fecundidade específica por estágio-idade (f_{xj}), fecundidade específica por idade (m_x), taxa

reprodutiva líquida (R_0), a taxa intrínseca de aumento (r), a taxa finita de aumento (λ), o tempo médio de uma geração (T), a expectativa específica de vida por estágio-idade (e_{xj}), e o valor reprodutivo específico por estágio-idade (v_{xj}). Os parâmetros foram determinados de acordo com as seguintes equações:

Taxa de sobrevivência específica por estágio-idade (S_{xj}) (a probabilidade de um ovo recém ovipositado por *H. convergens* sobreviver até a idade x e estágio j):

$$S_{xj} = \frac{n_x}{n_{01}}$$

Em que n_{01} é o número total de indivíduos usados no início do estudo da tabela de vida e n_{xj} é o número de indivíduos que sobreviveram até à idade x e estágio j .

A taxa de sobrevivência específica por idade (l_x):

$$l_x = \sum_{j=1}^k S_{xj}$$

A fecundidade específica dos indivíduos de idade x e estágio j (f_{xj}):

$$f_{xj} = \frac{E_{xj}}{n_{xj}}$$

Em que E_{xj} é o número total de ovos postos por indivíduos n_{xj} .

A fecundidade específica por idade (m_x):

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^k S_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^k S_{xj}}$$

Taxa reprodutiva líquida:

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

Taxa intrínseca de aumento (r), estimada pela fórmula de Euler-Lotka (Goodman 1982):

$$\sum_{i=x}^{\infty} e^{-r(i+1)} l_x m_x = 1$$

Taxa finita de aumento (λ):

$$\lambda = e^r$$

Tempo médio de cada geração (T):

$$T = \frac{\ln R_0}{r}$$

A expectativa de vida (e_{xj}), tempo esperado que um indivíduo de idade x e estágio j sobreviva, foi calculada de acordo com Chi e Su (2006):

$$e_{xj} = \sum_{i=x}^{\infty} \sum_{y=1}^k s'_{iy}$$

O valor reprodutivo (V_{xj}) (a contribuição de indivíduos de idade x e estágio j para a futura população) foi calculado de acordo com Tuan et al. (2014), conforme:

$$V_{xj} = \frac{e^{-r(x+1)}}{s_{xy}} \sum_{i=x}^{\infty} e^{-r(i=1)} \sum_{j=y}^m s'_{iy} f_{iy}$$

Os erros-padrões de cada parâmetro foram estimados pelo método de bootstrap, reamostrados 100.000 vezes, seguindo o procedimento de Huang e Chi (2012). As médias de cada tratamento foram comparadas pelo teste de bootstrap ($p < 0,05$) (Efron e Tibshirani, 1993).

2. Resultados

Hippodamia convergens alimentou-se de todas as presas estudadas. No entanto, apenas *M. persicae* proporcionou o desenvolvimento completo e a reprodução deste coccinelídeo (Tabela 1). Todas as larvas de *H. convergens* morreram no quarto instar, quando alimentadas com as espécies de ácaros (Tabela 1). Por outro lado, a duração do período de desenvolvimento deste predador (machos e fêmeas), alimentado com *M. persicae*, foi de aproximadamente 17 dias (Tabela 1). A taxa de sobrevivência do estágio imaturo foi de 93% (Tabela 1).

O período de pré-oviposição (APOP) e de pré-oviposição total (TPOP) foi de 2,6 e de 19,4 dias, respectivamente, para *H. convergens* alimentada com *M. persicae* (Tabela 2). A longevidade e os dias de oviposição foram de 112,2 e 35,4 dias, respectivamente (Tabela 2). A fecundidade média foi de 505,4 ovos por fêmea (Tabela 2).

Tabela1. Médias ($\pm$ EP) de duração (dias) de estágios imaturos de *Hippodamia convergens* alimentados com *Tetranychus urticae*, *Tetranychus evansi*, *Tetranychus ogmophallos* e *Myzus persicae* a 25 ± 1 ° C, $70 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo de 12 horas.

Estágio	<i>Tetranychus urticae</i>	<i>Tetranychus evansi</i>	<i>Tetranychus ogmophallos</i>	<i>Myzus persicae</i>
Ovos	2,9 $\pm$ 0,1 a	2,9 $\pm$ 0,1 a	2,9 $\pm$ 0,1 a	2,8 $\pm$ 0,1 a
Larva (1 ^o instar)	2,5 $\pm$ 0,1 b	2,9 $\pm$ 0,1 a	2,9 $\pm$ 0,1 a	2,6 $\pm$ 0,1 b
Larva (2 ^o instar)	2,7 $\pm$ 0,1 b	5,9 $\pm$ 0,1 b	6,8 $\pm$ 0,1 a	1,9 $\pm$ 0,1 c
Larva (3 ^o instar)	3,5 $\pm$ 0,1 a	3,3 $\pm$ 0,3 ab	3,1 $\pm$ 0,1 b	2,0 $\pm$ 0,1 c
Larva (4 ^o instar)	-	-	-	3,3 $\pm$ 0,0
Pré-pupa	-	-	-	1,0 $\pm$ 0,0
Pupa	-	-	-	3,4 $\pm$ 0,1
Duração do estágio imaturo				
Fêmea	-	-	-	16,8 $\pm$ 0,3
Macho	-	-	-	17,2 $\pm$ 0,3
Taxa de sobrevivência (%)	0,0 $\pm$ 0,0 b	0,0 $\pm$ 0,0 b	0,0 $\pm$ 0,0 b	0,93 $\pm$ 0,1 a

Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem entre si. Os erros-padrões (EP) foram estimados usando 100.000 bootstraps, e as médias foram comparadas pelo teste de bootstrap, pareado com significância de 5%.

Tabela 2. Médias ($\pm$ EP) de duração (dias) do período de pré-oviposição (APOP), pré-oviposição total (TPOP), longevidade, dias de oviposição e fecundidade de *Hippodamia convergens* alimentados com *Myzus persicae* a 25 ± 1 ° C, $70 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo de 12 horas.

Parâmetro	<i>Myzus persicae</i>
APOP (dias)	2,6 $\pm$ 0,3
TPOP (dias)	19,4 $\pm$ 0,4
Longevidade das fêmeas (dias)	110,7 $\pm$ 3,0
Longevidade dos machos (dias)	93,3 $\pm$ 3,6
Longevidade total (dias)	112,2 $\pm$ 5,7
Dias de oviposição	35,4 $\pm$ 0,6
Fecundidade (ovos/fêmea)	505,3 $\pm$ 4,4

Os erros padrões (EP) foram estimados usando 100.000 bootstraps.

A curva de sobrevivência por estágio de idade (S_{xj}) representa a probabilidade de um recém-nascido sobreviver até a idade x e estágio j (Figura 1). As sobreposições entre os diferentes estágios durante um período de desenvolvimento demonstram taxas de desenvolvimento variáveis entre os indivíduos (Figura 1). A probabilidade de larvas de *H. convergens* recém-eclodidas atingirem a fase adulta com ácaros tetraniquídeos foi zero (Figura 1). Por outro lado, a probabilidade de larvas recém-eclodidas atingirem a fase adulta em *M. persicae* foi de 0,50 para as fêmeas e de 0,44 para os machos (Figura 1).

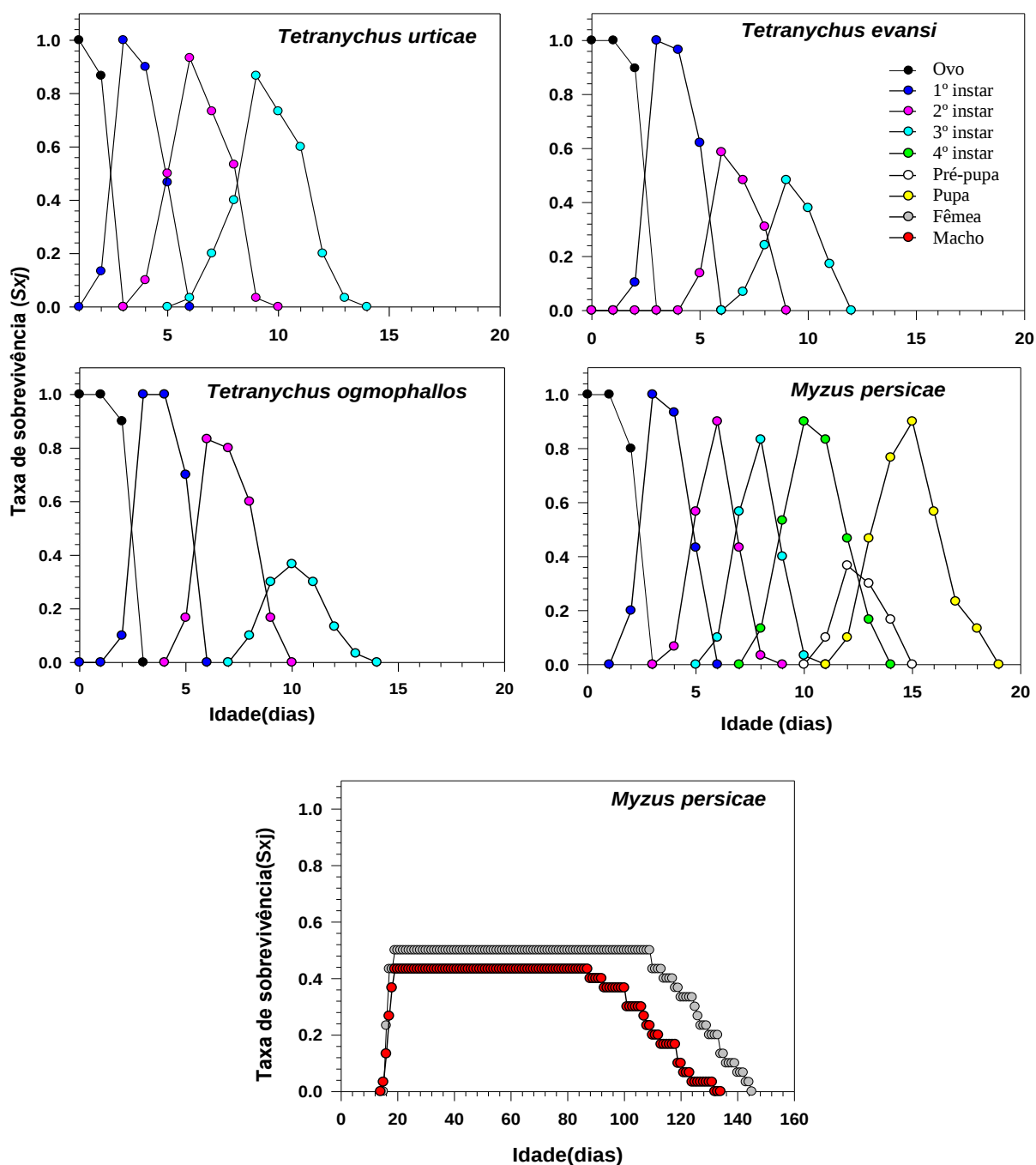


Figura 1. Taxa de sobrevivência específica por estágio-idade (S_{xj}) de *Hippodamia convergens* alimentados com *Tetranychus urticae*, *Tetranychus evansi*, *Tetranychus ogmophallos* e *Myzus persicae*.

A taxa de sobrevivência específica (l_x), a fecundidade específica (f_x) e a fecundidade específica por idade (m_x) foram representadas na Figura 2. A taxa de sobrevivência específica (l_x), que é a probabilidade de uma joaninha sobreviver até à idade x considerando todos os estágios de desenvolvimento juntos, demonstrou que mais de 80% dos indivíduos alimentados com *M. persicae* permaneceram vivos após

80 dias de idade (Figura 2). O número de descendentes produzidos por um indivíduo de *H. convergens* com idade x e estágio j é mostrado por f_x . O maior pico de f_x foi observado no 26º dia (Figura 2).

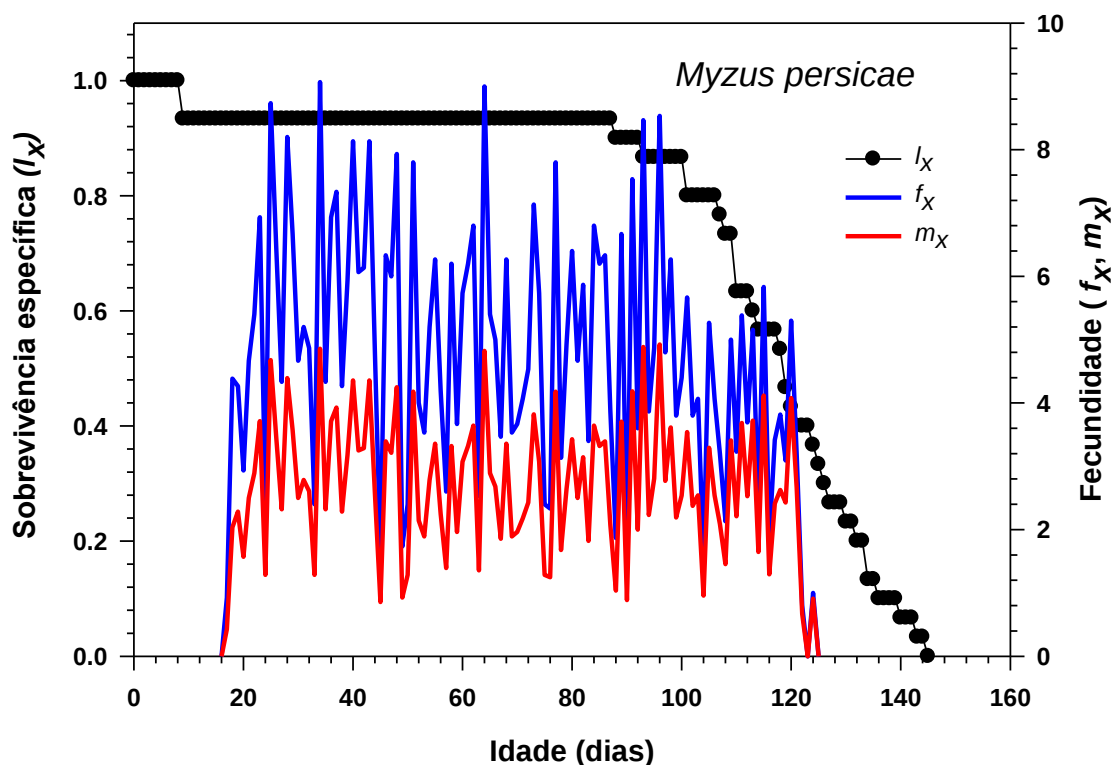


Figura 2. Taxa de sobrevivência específica (l_x), fecundidade específica (m_x) e fecundidade específica do estágio-idade (f_x) de *Hippodamia convergens* alimentada com *Myzus persicae*.

A expectativa de vida (e_{xj}) de *H. convergens* indica o período de tempo em que indivíduos com idade x e estágio j devem viver após a idade x (Figura 3). A expectativa de vida de uma larva de *H. convergens* recém-eclodida foi de 111 dias em *M. persicae* (Figura 3). A expectativa de vida das fêmeas adultas foi maior em comparação aos machos (Figura 3). O valor reprodutivo (v_{xj}) descreveu a contribuição de uma joaninha de idade x e estágio j para a população futura (Figura 4). O maior pico de v_{xj} das fêmeas de *H. convergens* ocorreu aos 22 dias (Figura 4).

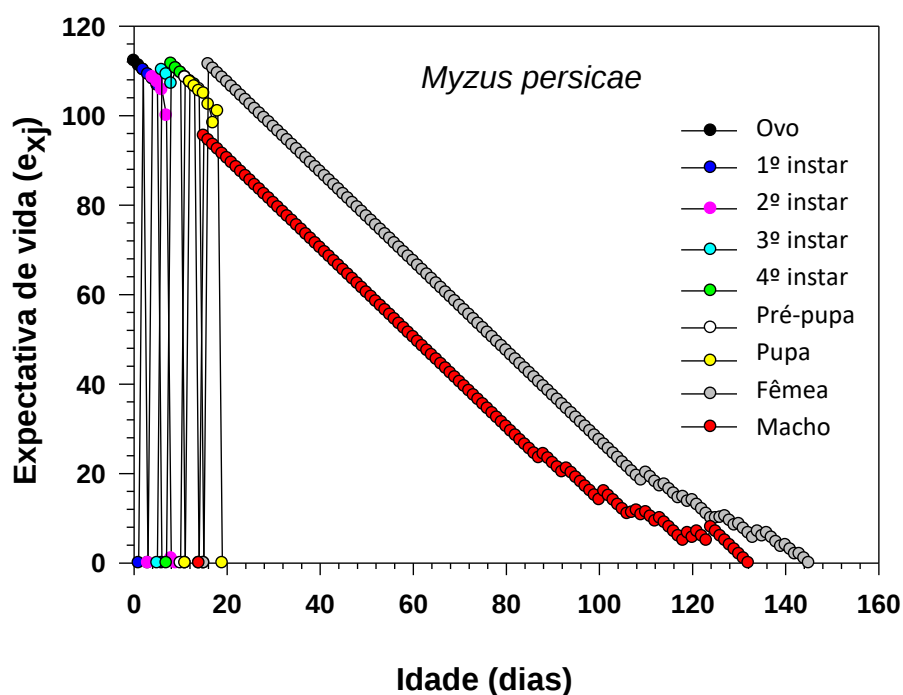


Figura 3. Expectativa de vida (e_{xj}) no estágio de idade de *Hippodamia convergens* alimentada com *Myzus persicae*.

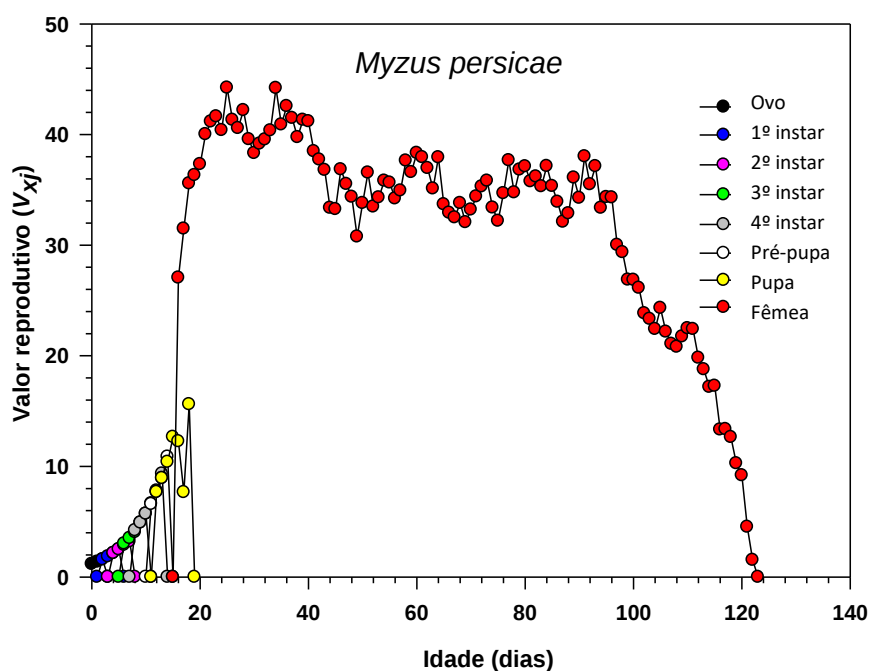


Figura 4. Valor reprodutivo (v_{xj}) de *Hippodamia convergens* alimentada com *Myzus persicae*.

Os parâmetros populacionais de *H. convergens* alimentada com *M. persicae* foram apresentados na Tabela 3. Verificou-se que a taxa intrínseca de aumento (r), a taxa finita de aumento (λ) e o tempo médio de geração (T) foram de $0,152 \text{ dia}^{-1}$,

1,164 dia^{-1} e 36,392 dias, respectivamente (Tabela 3). A taxa reprodutiva líquida R_0 foi de 252,66 indivíduos (Tabela 3).

Tabela 3. Média ($\pm$ EP) dos parâmetros de tabela de vida de *Hippodamia convergens* alimentados com *Myzus persicae* a $25 \pm 1^\circ \text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo de 12 horas .

Parâmetro	<i>Myzus persicae</i>
R_0 (nº. descendentes/ indivíduo)	252,66 $\pm$ 46,19
r (dia^{-1})	0,152 $\pm$ 0,008
λ (dia^{-1})	1,164 $\pm$ 0,009
T (dia)	36,392 $\pm$ 0,909

Os erros padrões (EP) foram estimados usando 100.000 bootstraps e comparados usando o teste de bootstrap, pareado com significância de 5%. R_0 = taxa reprodutiva líquida; r = taxa intrínseca de aumento; λ = taxa finita de aumento; T = tempo médio de descendência.

3. Discussão

O presente estudo foi realizado para compreender o efeito de diferentes espécies de presas sobre a biologia de *H. convergens*. *Hippodamia convergens* alimentou-se de todos os estágios de todas as presas utilizadas. No entanto, apenas *M. persicae* proporcionou o desenvolvimento e a reprodução deste predador. Estes resultados corroboraram os estudos anteriores, que demonstraram que a qualidade e a natureza da presa afetam o desenvolvimento, a fecundidade e a sobrevivência dos inimigos naturais (Omkar e Bind, 2004; Cabral et al., 2006; Moghaddam et al., 2016; Farroq et al., 2020).

Presas com baixa qualidade nutricional afetam negativamente o desenvolvimento do predador, enquanto alta qualidade nutricional tende a aumentar a sua sobrevivência (Snyder et al., 2000; Omkar et al., 2009; Farroq et al., 2018). Portanto, a dieta alimentar, constituída por apenas uma espécie de ácaro tetránquideo (*T. urticae*, *T. ogmophallos* ou *T. evansi*), possivelmente, não foi suficiente para suprir as exigências nutricionais de *H. convergens*.

De acordo com Hodek (1996), o consumo de presas essenciais proporciona crescimento e desenvolvimento de larvas e reprodução dos adultos. Presas alternativas fornecem energia e nutrientes, mas não permitem o desenvolvimento e a reprodução do predador. Portanto, *M. persicae* pode ser considerado presa essencial para *H. convergens*. Por outro lado, *T. urticae*, *T. ogmophallos* e *T. evansi* podem ser considerados presas alternativas. Entretanto, no campo, os predadores

generalistas, como *H. convergens*, consomem ambos os tipos de presas, o que aumenta sua capacidade de sobrevivência e de reprodução. Além disso, presas alternativas são importantes para manutenção de populações de coccinelídeos no agroecossistema, em períodos de escassez de presas essenciais (Michaud, 2005).

A duração do tempo de desenvolvimento de *H. convergens* alimentada com *M. persicae* foi semelhante à relatada por Santos et al. (2013), para esse mesmo coccinelídeo predando *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). Por outro lado, os resultados obtidos neste estudo foram inferiores aos obtidos por Francis et al. (2000), para *Adalia bipunctata* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentada com *M. persicae*.

Valores médios de longevidade, consideravelmente menores aos valores obtidos no presente estudo, foram relatados por Lanzoni et al. (2004) para *Harmonia axyridis* (Pallas), *Hippodamia variegata* (Goeze) e *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentadas com *M. persicae*. Da mesma forma, a fecundidade obtida neste estudo, para *H. convergens* alimentada com *M. persicae*, foi superior à relatada por Arshad et al. (2020), para este mesmo coccinelídeo alimentado com *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ou *A. gossypii*.

O valor estimado da taxa líquida de reprodução (R_0) de *H. convergens* foi de 252,66. Esse valor indicou que cada fêmea pode ser capaz de produzir até 252 fêmeas após uma geração. Comparativamente, esse valor foi superior ao obtido por Arshad et al. (2020), para este mesmo coccinelídeo alimentado com *A. gossypii*. Da mesma forma, Abbas et al. (2020) também obtiveram resultado inferior para *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae), utilizando *M. persicae* como presa.

Em relação ao tempo de geração (T), foi estimado o valor de 36,392 dias, determinando que, desde que um ovo de *H. convergens* é depositado, são necessários 36 dias para que uma fêmea, procedente desse ovo, inicie sua reprodução. Esse valor é inferior ao registrado por Chi e Yang (2003) para *Propylaea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae), também alimentada com *M. persicae*. A estimativa da taxa intrínseca de aumento (r) forneceu o valor de 0,152, ou seja, a diferença entre a taxa de natalidade e a taxa de mortalidade, em um determinado período, é dessa magnitude. Esse resultado é superior ao observado por Arshad et al. (2020) para este mesmo coccinelídeo alimentado com *A. gossypii*. Diversos autores ressaltam que o r é o parâmetro mais valioso na tabela de vida

para estimar o potencial de crescimento populacional de um organismo (Southwood, 1966; Roy et al., 2003; Cortés, 2016).

Este é o primeiro estudo que avalia os parâmetros biológicos de *H. convergens* alimentada com ácaros tetranychídeos. Os resultados mostram que este coccinelídeo consome os diferentes estágios de todas as presas avaliadas. No entanto, este predador não completa seu desenvolvimento ao alimentar-se de *T. urticae*, *T. ogmophallos* ou *T. evansi*. Portanto, *M. persicae* é a presa mais adequada para *H. convergens* em comparação aos ácaros tetranychídeos. Os resultados sugerem que *H. convergens* pode ser um candidato útil para o controle biológico deste pulgão. Estudos de campo e/ou semicampo são necessários para avaliar o real potencial deste coccinelídeo para o controle deste pulgão e entender a importância dos ácaros na dinâmica populacional deste predador em agroecossistemas.

4. Referências

Abbas K, Zaib MS, Zakria M, Hani UE, Zaka SM, Ain NU (2020) Age-stage, two-sex life table of the *Menochilus sexmaculatus* (Coccinellidae: Coleoptera) feeding on different aphid species. **bioRxiv** <https://doi.org/10.1101/2020.01.15.907576>

Aita RC, Tran AK, Koch RL (2020) Susceptibility of first instar *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) to the insecticide sulfoxaflo. **Florida Entomologist** 103:191-196. <https://doi.org/10.1653/024.103.0206>

Arshad M, Ullah MI, Shahid U, Tahir M, Khan MI, Rizwan M, Abrar M, Niaz MM (2020) Life table and demographic parameters of the coccinellid predatory species, *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville (Coleoptera: Coccinellidae) when fed on two aphid species. **Egyptian Journal of Biological Pest Control** 30:1-8. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00280-7>

Bass C, Puinean AM, Zimmer CT, Denholm I, Field LM, Foster SP, Williamson MS (2014) The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology** 51:41-51. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.05.003>

Boiça-Júnior AL, Santos TM, Kuranishi AK (2004) Desenvolvimento larval e capacidade predatória de *Cycloneda sanguinea* (L.) e *Hippodamia convergens* Guérin-Men. alimentadas com *Aphis gossypii* Glover sobre cultivares de algodoeiro. **Acta Scientiarum-Agronomy** 26:239-244.

Cabral S, Soares AO, Moura R, Garcia P (2006) Suitability of *Aphis fabae*, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) and *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae) as prey for *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control** 39:434-440. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.08.008>

Chi H, Liu H (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. **Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica** 24: 225-240.

Chi H (1988) Life table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. **Environmental Entomology** 17:26-34. <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>

Chi H, Yang TC (2003) Two-Sex Life table and predation rate of *Propylaea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). **Environmental Entomology** 32:327-333. <https://doi.org/10.1603/0046-225x.32.2.327>

Chi H, Su HY (2006) Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. **Environmental Entomology** 35:10-21.

Chi H (2020) TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. Taichung: National Chung Hsing University.

Cortés E (2016) Perspectives on the intrinsic rate of population growth. **Methods in Ecology and Evolution** 7:1136-1145.

Delgado-Ramírez CS, Salas-Araiza MD, Martínez-Jaime OA, Guzmán-Mendoza R, Flores-Mejia S (2019) Predation capability of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) feeding of *Melanaphis sacchari* (Homoptera: Aphididae). **Florida Entomologist** 102:24-28. <https://doi.org/10.1653/024.102.0104>

Duarte W, Arévalo H, Polanía IZ (2013) Influence of three aphid species used as prey on some biological aspects of the predator *Eriopis connexa*. **Journal of Animal Science** 3:193-199.

Efron B, Tibshirani RJ (1993) **An introduction to the bootstrap**. New York: Chapman & Hall. 430 p.

Farooq M, Zhu X, Shakeel M, Iftikhar A, Shahid MR, Saeed N, Arain MS (2020) Comparative analysis of the demographic parameters of seven spotted ladybird beetle (Coleoptera: Coccinellidae) reared on various host aphid species. **PeerJ** 8:e8313.

Fiaboe KKM, Gondim MGC, Moraes GJ, Ogol CKPO, Knapp M (2007) Bionomics of the acarophagous ladybird beetle *Stethorus tridens* fed *Tetranychus evansi*. **Journal of Applied Entomology** 151:355-361.

Farooq M, Shakeel M, Iftikhar A, Shahid MR, Zhu X (2018) Age-stage, two-sex life tables of the lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on different aphid species. **Journal of Economic Entomology**, 111:575–585.

Fathipour Y, Maleknia B (2016) Mite predators. In: Omkar (ed.) **Ecofriendly pest management for food security**. San Diego: Elsevier p. 329-366.

Francis F, Haubruge E, Gaspar C (2000) Influence of host plants on specialist/generalist aphids and on the development of *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). **European Journal of Entomology** 97:481-485.

Goodman D (1982) Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. **The American Naturalist** 119:803-823.

Hinkelman TM, Tenhumberg B (2013) Larval performance and kill rate of convergent ladybird beetles, *Hippodamia convergens*, on black bean aphids, *Aphis fabae*, and pea aphids, *Acyrtosiphon pisum*. **Journal of Insect Science** 13:1-10. <https://doi.org/10.1673/031.013.4601>

Hodek I (1996) Food relationships. In: Hodek I, Honek A (eds) **Ecology of Coccinellidae**. Dordrecht: Kluwer Academic. p. 143-238

Hodek I, Honek A, van Emden HF (2012) **Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)**. Chichester: John Wiley & Sons. 600 p.

Huang YB, Chi H (2012) Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. **Insect Science** 19:263-273. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2011.01424.x>

Iftikhar A, Hafeez F, Hafeez M, Farooq M, Asif AM, Sohaib M, Lu Y (2020) Sublethal effects of a juvenile hormone analog, Pyriproxyfen on demographic parameters of non-target predator, *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae). **Ecotoxicology** 29:1017-1028. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02159-7>

Ipertti G (1999) Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 74:323-342. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-50019-9.50018-2>

Jessie WP, Giles KL, Rebek EJ, Payton ME, Jessie CN, McCornack BP (2015) Preference and performance of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi*, and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) from winter-adapted canola. **Environmental Entomology** 44:880-889.

Lanzoni A, Accinelli G, Bazzocchi GG, Burgio G (2004) Biological traits and life table of the exotic *Harmonia axyridis* compared with *Hippodamia variegata*, and *Adalia bipunctata* (Col., Coccinellidae). **Journal of Applied Entomology** 128:298-306.

Li G, Zhang Z (2020) Can supplementary food (pollen) modulate the functional response of a generalist predatory mite (*Neoseiulus cucumeris*) to its prey (*Tetranychus urticae*)? **BioControl** 65:165-174. <https://doi.org/10.1007/s10526-019-09993-7>

Melville CC, Zampa SF, Savi PJ, Michelotto MD, Andrade DJ (2019) Peanut cultivars display susceptibility by triggering outbreaks of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology** 78:295-314.

Moghaddam MG, Golizadeh A, Hassanpour M, Rafiee-Dastjerdi H, Razmjou J (2016) Demographic traits of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Sitobion avenae* Fabricius (Hemiptera: Aphididae). **Journal of Crop Protection** 5:431-445. <https://doi.org/10.18869/modares.jcp.5.3.431>

Michaud JP (2005) On the assessment of prey suitability in aphidophagous Coccinellidae. **European Journal of Entomology** 102:385-390. <https://doi.org/10.14411/eje.2005.055>

Nemati A, Riahi E, Houshmand S (2020) Sensitivity and elasticity analysis of *Tetranychus urticae* Koch population parameters: Consequences for pest management. **Systematic and Applied Acarology** 25:268-284. <https://doi.org/10.11158/saa.25.2.8>

Obrycki JJ, Kring TJ (1998) Predaceous Coccinellidae in biological control. **Annual Review of Entomology** 43:295-321. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.295>

Obrycki JJ, Harwood JD, Kring TJ, O'Neil RJ (2009) Aphidophagy by Coccinellidae: application of biological control in agroecosystems. **Biological Control** 51:244-254. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.05.009>

Omkar, Bind RB (2004) Prey quality dependent growth, development and reproduction of a biocontrol agent, *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae). **Biocontrol Science and Technology** 14:665-673. <https://doi.org/10.1080/091583150410001682359>

Omkar, Kumar G, Sahu J (2009) Performance of a predatory ladybird beetle, *Anegleis cardoni* (Coleoptera: Coccinellidae) on three aphid species. **European Journal of Entomology** 106:565-572. <https://doi.org/10.14411/eje.2009.071>

Phoofolo MW, Giles KL, Elliott NC (2007) Quantitative evaluation of suitability of the greenbug, *Schizaphis graminum*, and the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi*, as prey for *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control** 41:25-32. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.12.017>

Renkema JM, Krey K, Devkota S, Liburd OE, Funderburk J (2020) Efficacy of insecticides for season-long control of thrips (Thysanoptera: Thripidae) in winter strawberries in Florida. **Crop Protection** 127:1-10.

Roy M, Brodeur J, Cloutier C (2003) Effect of temperature on intrinsic rates of natural increase (r_m) of a coccinellid and its spider mite prey. **BioControl** 48:57-72. <https://doi.org/10.1023/A:1021289832664>

Santos NR, Santos-Cividanes TM, Cividanes FJ, Anjos ACR, Oliveira LVL (2009) Biological aspects of *Harmonia axyridis* fed on two prey species and intraguild predation with *Eriopis connexa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 44:554-560. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000600002>

Santos, LC (2012) **Bioecologia e capacidade predatória de Coccinellidae (Insecta: Coleoptera) alimentado com *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae)**. 53 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Unesp, Jaboticabal.

Santos LC, Santos-Cividanes TM, Cividanes FJ, Matos STS (2013) Biological aspects of *Harmonia axyridis* in comparison with *Cycloneda sanguinea* and *Hippodamia convergens*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 48:1419-1425. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013001100001>

Savi PJ, Moraes GJ, Melville CC, Andrade DJ (2019) Population performance of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) on African tomato varieties and wild tomato genotypes. **Experimental and Applied Acarology** 77:555-570. <https://doi.org/doi:10.1007/s10493-019-00364-6>

Sedaratian A, Fathipour Y, Moharramipour S (2008) Evaluation of resistance in 14 soybean genotypes to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Pest Science** 82:163-170. <https://dx.doi.org/10.1007/s10340-008-0235-8>

Snyder WE, Joseph SB, Preziosi RF, Moore AJ (2000) Nutritional benefits of cannibalism for the lady beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) when prey quality is poor. **Environmental Entomology** 29:1173-1179. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.6.1173>

Southwood TRE (1966) **Ecological Methods**. London: Springer Netherlands 389 p.

Thompson WR (1951) The specificity of host relations in predacious insects. *Canadian Entomologist* 83: 262-269.

Tsaganou FC, Hodgson CJ, Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Tomanović Z (2004) Effect of *Aphis gossypii* Glover, *Brevicoryne brassicae* (L.), and *Megoura viciae* Buckton (Hemiptera: Aphidoidea) on the development of the predator *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control** 31:138-144.

Tuan SJ, Lee CC, Chi H (2014) Population and damage projection of *Spodoptera litura* (F.) on peanuts (*Arachis hypogaea* L.) under different conditions using the age-stage, two-sex life table. **Pest Management Science** 70:805-813.

CAPÍTULO 4 - Resposta funcional de *Eriopis connexa* (German) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentada com ácaros tetranychídeos

Resumo - Os coccinelídeos estão entre os predadores mais bem-sucedidos no controle de pragas em agroecossistemas. O objetivo do trabalho foi avaliar as respostas funcionais dos estádios larvais da joaninha *Eriopis connexa* (German) alimentada com os ácaros *Tetranychus urticae* Koch e *Tetranychus ogmophallos* Ferreira e Flechtmann. Este estudo comparou as respostas funcionais dos estádios larvais de *E. connexa* alimentada com fêmeas de *T. urticae* e *T. ogmophallos* em condições controladas de $24\pm 1^{\circ}\text{C}$, $60\pm 20\%$ UR e fotofase de 12 horas. Em todos os instares avaliados, *E. connexa* apresentou resposta funcional Tipo II, quando alimentada com *T. urticae* ou *T. ogmophallos*. O tempo de manuseio diminuiu com o estágio de desenvolvimento do predador, sendo o menor tempo de manuseio observado em larvas de quarto instar. Larvas de quarto instar apresentaram maior taxa máxima de predação em ambas as presas. O número máximo de ácaros predados por uma larva de quarto instar de *E. connexa* foi de aproximadamente 350 e 170 em *T. urticae* e *T. ogmophallos*, respectivamente.

Palavras-chave: *Tetranychus urticae*, *Tetranychus ogmophallos*, Controle biológico, Inimigo natural.

CAPÍTULO 4 - Functional response of *Eriopis connexa* (German) (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on spider mites

Abstract – Coccinellids are among the most successful predators in pest control in agroecosystems. Populations of the predaceous of the ladybug *Eriopis connexa* (German) occur naturally in several agroecosystems. This study compared under laboratory conditions the functional responses of *E. connexa* larval stages feeding on different densities of *Tetranychus urticae* Koch and *Tetranychus ogmophallos* Ferreira and Flechtmann. Both *E. connexa* larval stages accessed showed type II functional response on *T. urticae* or *T. ogmophallos*. Handling time decreased according to predator developmental stage, and was shorter with *E. connexa* fourth instar. Fourth instar larvae showed a higher maximum predation rate in both prey. The maximum number of mites preyed by a fourth instar larva was approximately 350 and 170 on *T. urticae* and *T. ogmophallos*, respectively.

Keywords: *Tetranychus urticae*, *Tetranychus ogmophallos*, Biological control, Natural enemy.

1. Introdução

O ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) é uma espécie cosmopolita, considerada uma das pragas de maior importância mundial (Monteiro et al., 2014; Fonseca et al., 2020). Esta espécie é altamente polífaga, alimentando-se de mais de 1.100 espécies de plantas pertencentes a mais de 140 famílias (Grbić et al., 2011). Entretanto, existem outras espécies de tetraniquídeos que vêm ganhando importância nos últimos anos, como o ácaro-vermelho-do-amendoim, *Tetranychus ogmophallos* Ferreira e Flechtmann (Acari: Tetranychidae), considerada uma praga emergente na cultura do amendoim (Melville et al., 2019).

O controle destas espécies de ácaro é realizado predominantemente com produtos químicos (Wang et al., 2014; Barbosa et al., 2018). No entanto, a utilização deste método, muitas vezes, não é eficiente, uma vez que *T. urticae* e *T. ogmophallos* apresentam ciclo de vida curto, elevada fecundidade e resistência a várias classes de agrotóxicos, tornando-se necessário o desenvolvimento de medidas alternativas para o controle dessas pragas (Van Leeuwen et al., 2010; Dermawun et al., 2013; Melville et al. 2019).

Neste contexto, o controle biológico é uma linha de pesquisa promissora, tendo em vista que os ácaros possuem uma rica guilda de inimigos naturais, consistindo em várias espécies de artrópodes predadores (Fraulo e Liburd, 2007; Hassanpour et al., 2009; Howell e Daugovish, 2013; Castilho et al., 2015; Ali et al., 2016). Portanto, o controle biológico destaca-se como uma estratégia importante no controle dessas pragas (Oliveira et al., 2004; Akyazi e Liburd, 2019).

Diversas espécies de joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) têm sido exploradas no controle biológico de pragas (Yaşar e Özger, 2005; Farooq et al., 2018; Farooq et al., 2020). Entre as espécies, vem ganhando destaque a joaninha *Eriopis connexa* (German) (Coleoptera: Coccinellidae), por ser considerada um importante inimigo natural de diversas pragas (incluindo os ácaros) em várias culturas (Miller, 1995; Sarmiento et al., 2007; Gómez e Polínia, 2009; Silva et al., 2013).

Determinar o tipo de resposta funcional de um predador é uma das etapas fundamentais para o estabelecimento de Programas de Controle Biológico. A resposta funcional avalia o possível impacto do predador sobre populações da presa por meio da relação entre predação e a densidade de presas (Fathi e Nouri-

Ganbalani et al., 2010; Van Lenteren et al., 2016). Contudo, a resposta funcional pode ser afetada por diferentes fatores, como temperatura, características da planta hospedeira, espécies de presas e estágio de vida do predador (Stavrinides e Skirvin, 2003; Sarmento et al., 2007; Sultan et al., 2014; Afshar e Latifi, 2017).

Sarmento et al. (2007) avaliaram a resposta funcional das fêmeas adultas de *E. connexa* para diferentes densidades de *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae) e *Tetranychus evansi* Baker e Pritchard (Acari: Tetranychidae). Esses autores constataram que *E. connexa* apresentou resposta funcional Tipo III ao se alimentar de *M. euphorbiae* e Tipo II ao alimentar-se de *T. evansi*. Essa mudança de comportamento evidencia que este coccinelídeo adota diferentes estratégias de acordo com o tipo de presa disponível.

Respostas funcionais de *E. connexa* alimentada com *T. urticae* e *T. ogmophallos* ainda não foram estudadas. A caracterização das respostas funcionais de *E. connexa* predando as espécies de ácaros mencionadas é fundamental para dar subsídios em futuros Programas de Controle Biológico. Portanto, o objetivo deste estudo foi determinar e descrever o tipo de resposta funcional dos diferentes estádios larvais de *E. connexa* alimentada com *T. urticae* e *T. ogmophallos*.

2. Materiais e Métodos

2.1 Criação de *Eriopis connexa*

A criação de *E. connexa* foi iniciada com adultos coletados em plantas espontâneas. As joaninhas foram mantidas em gaiolas constituídas por tubos de PVC de 10 cm de altura por 10 cm de diâmetro, forradas internamente com papel sulfite e vedadas por tecido *voile*. Os insetos foram alimentados com ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) e dieta constituída por lêvedo de cerveja e mel, na proporção de 1:1. Diariamente, as posturas de *E. connexa* foram retiradas das gaiolas e mantidas em placas de Petri de 9,0 cm de diâmetro e vedadas com filme de PVC. A água foi fornecida por meio de esponja de polietileno umedecida (Santos et al., 2009). A criação dos coccinelídeos foi mantida em sala climatizada a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $60\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

2.2 Criação de ácaros tetranychídeos

Os ácaros *T. urticae* foram provenientes de uma criação mantida em sala climatizada (mesmas condições mencionadas no item 2.1) sobre plantas de feijão-de-porco *Canavalia ensiformes* (L.) cultivadas em vasos de cinco litros, contendo como substrato solo, areia e esterco bovino, na proporção de 1:1:1. Periodicamente, as plantas foram substituídas por plantas novas.

A criação de *T. ogmophallos* foi mantida em plantas de amendoim *Arachis hypogaea* cv. granoleico, cultivadas em vasos com volume de 10 litros, contendo como substrato solo, areia e esterco bovino, na proporção de 1:1:1. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação sob condições ambientais. As plantas foram substituídas por plantas novas sempre que necessário.

2.3 Avaliação de resposta funcional

Fêmeas adultas de *T. urticae* ou *T. ogmophallos* foram transferidas individualmente para placas de Petri de 4 cm, com o auxílio de um pincel com um único pelo (Figura 1). Foram utilizadas diferentes densidades de presas de acordo com o estágio de vida do predador (Tabela 1). As densidades de presas utilizadas foram definidas em testes preliminares. No interior de cada placa de Petri foi colocada uma folha de amendoim ou de feijão-de-porco, de acordo com a espécie de ácaro utilizada (Figura 1).

Tabela 1. Densidade de presas (*Tetranychus urticae* e *Tetranychus ogmophallos*) utilizadas para a caracterização da resposta funcional dos diferentes estádios larvais do predador *Eriopis connexa*.

Espécies de presas	Estádio	Densidades de presas utilizadas					
<i>T. urticae</i>	1º instar	4	6	8	12	16	-
	2º instar	10	20	30	40	50	-
	3º instar	20	40	60	100	150	-
	4º instar	100	150	250	350	450	-
<i>T. ogmophallos</i>	1º instar	2	4	6	8	10	12
	2º instar	10	15	20	30	40	-
	3º instar	20	30	50	70	90	-
	4º instar	50	100	150	250	350	-

O experimento foi iniciado aproximadamente 1 h após a transferência dos ácaros, tempo suficiente para o estabelecimento dos ácaros sobre as folhas. Em seguida, larvas do predador com 24 h de idade (primeiro instar, segundo instar, terceiro instar ou quarto instar larval) foram transferidas individualmente da criação para a placa de Petri contendo as presas. Os predadores foram mantidos sem alimento por 24 h antes da realização do experimento. Cada tratamento foi repetido dez vezes. Após 24 h, as larvas do predador foram retiradas, e o número de ácaros predados foi registrado. Os experimentos foram realizados em sala climatizada (mesmas condições mencionadas no item 2.1).

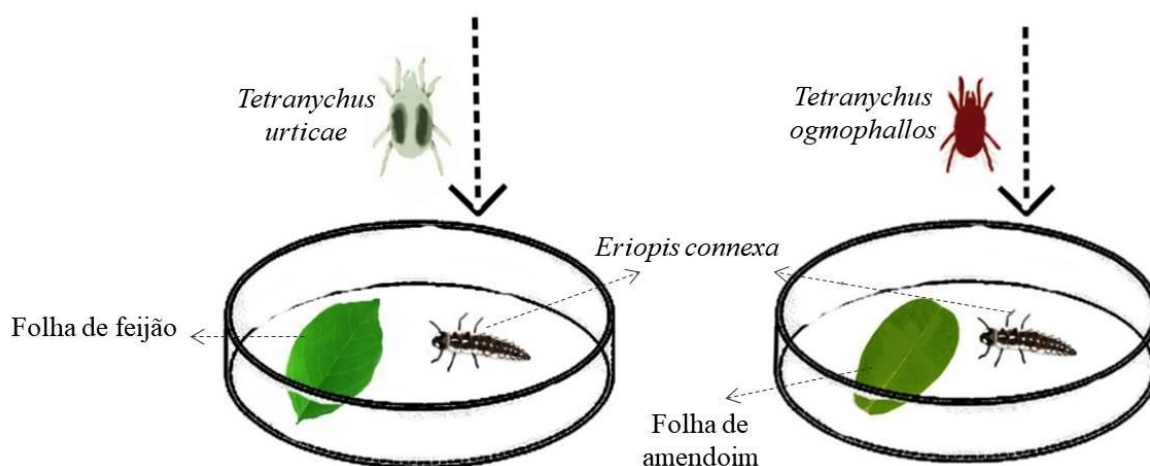


Figura 1. Esquema representativo dos bioensaios experimentais.

2.4 Análise dos dados

O tipo de resposta funcional exibida por *E. connexa* foi determinado por meio de regressão logística da proporção de ácaros consumidos (N_e/N_o), em função das densidades originais de ácaros por predador (N_o). Nesta etapa, foi utilizado um modelo logístico polinomial, como descrito por Juliano (2001):

$$\frac{N_e}{N_o} = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_o + P_2 N_o^2 + P_3 N_o^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_o + P_2 N_o^2 + P_3 N_o^3)}$$

Em que N_e é o número de presas consumidas, N_o é a densidade inicial de presas e P_0 , P_1 , P_2 e P_3 são os parâmetros a serem estimados (Juliano, 2001). Os parâmetros P_0 , P_1 , P_2 e P_3 foram estimados usando o Proc CADMOD (SAS Institute

2015). O sinal do coeficiente linear (P_1) foi utilizado para determinar o tipo de resposta funcional. O termo linear P_1 , quando não significativo, indica resposta funcional Tipo I. Quando P_1 é significativo e negativo ($P_1 < 0$), indica resposta funcional Tipo II, e quando positivo, indica resposta funcional Tipo III ($P_1 > 0$).

A segunda etapa consistiu em estimar os parâmetros da taxa de ataque (T_h/T) e o tempo de manuseio (T_h) (tempo que o predador manipula cada presa) (Royama, 1971; Rogers, 1972). Como os dados revelaram uma resposta funcional Tipo II, foi usada a equação de predação aleatória de Rogers (1972) para estimar estes parâmetros.

$$N_e = N_o \{1 - \exp[\alpha(T_h N_e - T)]\}$$

Em que N_e é o número de presas consumidas, N_o representa a densidade de presa inicial, T é o tempo de exposição (24 horas), α é a taxa de ataque e T_h é o tempo de manuseio. Estes parâmetros foram estimados pelo SAS (2015), por regressão não linear, empregando o método dos quadrados mínimos (procedimento de NLIN com método de DUD), de acordo com Juliano (2001).

3. Resultados

Em todos os estádios larvais de *E. connexa* alimentados com *T. urticae* ou *T. ogmophallos*, o parâmetro linear foi negativo ($P_1 < 0$) (Tabela 1). Portanto, a análise de regressão logística demonstrou que *E. connexa*, em todos os instares avaliados, apresentou resposta funcional Tipo II, quando alimentada com *T. urticae* ou *T. ogmophallos* (Tabela 1).

Tabela 2. Estimativa máxima de verossimilhança a partir da regressão logística da proporção de presas consumidas por *Eriopis connexa* (N_e/N), em função da densidade inicial (N).

Espécies de presas	Estádio larval	Parâmetros			
		Constante (P_0)	Linear (P_1)	Quadrático (P_2)	Cúbico (P_3)
<i>Tetranychus ogmophallos</i>	1° instar	13,9402** (± 3,74)	-2,4246** (± 0,79)	0,1073* (± 0,04)	-
	2° instar	17,038** (± 3,51)	-1,953** (± 0,43)	0,079 ** (± 0,02)	-0,001 ** (0,00)
	3° instar	4,7058** (± 0,2382)	-0,0480** (± 0,00301)	-0,00437* (0,00166)	0,000025* (± 9,139E-6)
	4° instar	6,1536** (± 0,3072)	-0,0309** (± 0,00247)	0,000038** (± 4,716E-6)	-
<i>Tetranychus urticae</i>	1° instar	4,5214** (± 0,50)	-0,2665** (± 0,036)	-	-
	2° instar	5,3243** (± 0,360)	-0,0972** (± 0,008)	-	-
	3° instar	16,0919** (± 3,71)	-0,4755* (± 0,13)	0,00553* (± 0,00143)	-0,00002** (± 4,80E-6)
	4° instar	6,3540** (± 0,9450)	-0,0346* (± 0,0114)	0,000132* (± 4,1E-6)	-1,79E-7** (± 4,5E-8)

Os parâmetros seguidos por * são significativos em $p < 0.01$ ** $p < 0.0001$ (χ^2 test).

A taxa de ataque de *E. connexa* aumentou com o estágio de desenvolvimento, em ambas as presas (Tabela 3). O tempo de manuseio diminuiu com o estágio de desenvolvimento, sendo o menor tempo de manuseio observado em larvas de quarto instar. Todos os estádios larvais do predador apresentaram maior taxa de ataque, menor tempo de manuseio e maior taxa máxima de predação, quando alimentados com *T. urticae* (Tabela 3).

Tabela 3. Médias ($\pm$ EP) de taxa de ataque (α), tempo de manuseio (T_h) e taxa máxima de predação (T/T_h) de diferentes estádios larvais de *Eriopis connexa* predando *Tetranychus ogmophallos* e *Tetranychus urticae*.

Espécies de presa	Estádio larval	α (h^{-1})	T_h (h^{-1})	T/T_h
<i>Tetranychus ogmophallos</i>	1° instar	0,00362 $\pm$ 0,00107 (0,00147 - 0,00578)	3,7097 $\pm$ 0,1426 (3,4234-3,9959)	6,4692 (6,00 - 7,010)
	2° instar	0,0125 $\pm$ 0,00232 (0,00785 - 0,0172)	0,7618 $\pm$ 0,033 (0,6955 - 0,8281)	31,504 (28,982-34,5075)
	3° instar	0,0126 $\pm$ 0,00361 (0,00535 - 0,0199)	0,4224 $\pm$ 0,0108 (0,4008 - 0,4441)	56,81 (54,04188- 59,880)
	4° instar	0,2326 $\pm$ 0,2142 (-0,1972 – 0,6625)	0,1352 $\pm$ 0,00348 (0,1282 - 0,1422)	177,514 (168,776-187,207)
<i>Tetranychus urticae</i>	1° instar	0,00556 $\pm$ 0,00312 (0,00494- 0,00619)	2,4953 $\pm$ 0,0763 (2,2998-2,6068)	9,782 (9,206-10,435)
	2° instar	0,0265 $\pm$ 0,0103 (0,00571 - 0,0472)	0,7323 $\pm$ 0,0216 (0,6888 - 0,7758)	32,773 (30,935 - 34,843)
	3° instar	0,0252 $\pm$ 0,0113 (0,00247 - 0,048)	0,2419 $\pm$ 0,00386 (0,2341 - 0,2497)	99,214 (96,115 – 102,520)
	4° instar	0,0546 $\pm$ 0,0136 (0,0272 - 0,0821)	0,0812 $\pm$ 0,00269 (0,0736 - 0,0961)	295,566 (249,739 -326,086)

Valores entre parênteses representam intervalos de confiança de 95%.

O número de presas consumidas variou de acordo com a densidade de presas (Figuras 1 e 2). Larvas de quarto instar de *E. connexa* apresentaram maior consumo em comparação aos demais instares avaliados (Figuras 1 e 2). O número médio de *T. urticae* e *T. ogmophallos* predados em 24 h por larvas de quarto instar do predador foi de, aproximadamente, 350 e 170 ácaros, respectivamente, com posterior estabilização do consumo (Figuras 1 e 2).

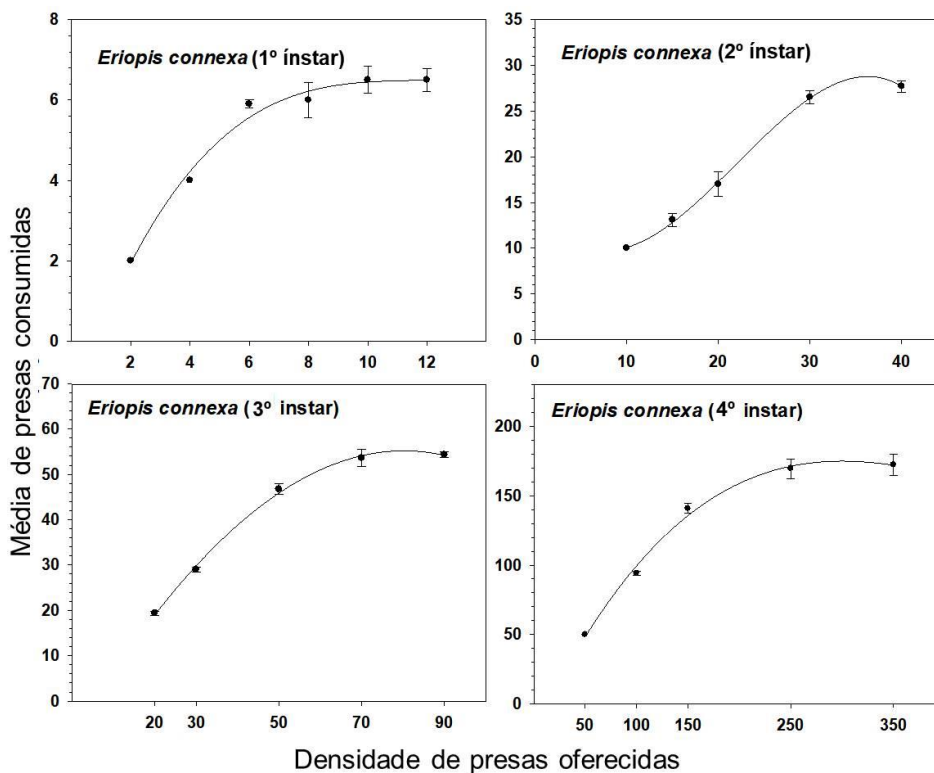


Figura 1. Resposta funcional de larvas de *Eriopis connexa* de primeiro ao quarto estágio de desenvolvimento alimentadas com fêmeas de *Tetranychus ogmophallos*.

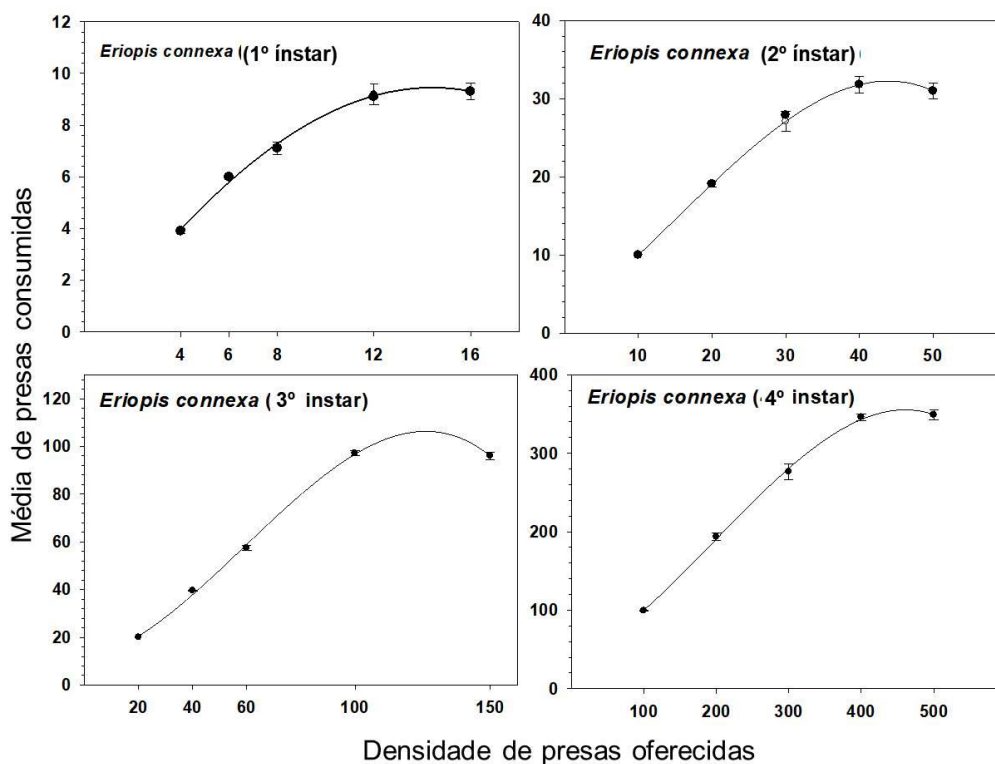


Figura 2. Resposta funcional de larvas de *Eriopis connexa* de primeiro ao quarto estágio de desenvolvimento alimentadas com fêmeas de *Tetranychus urticae*.

4. Discussão

O presente estudo demonstrou a resposta funcional de diferentes estádios larvais de *E. connexa*, alimentados com duas espécies de ácaros, *T. urticae* e *T. ogmophallos*. *Eriopis connexa* exibiu resposta funcional Tipo II com uma proporção decrescente no consumo, de acordo com a densidade de presa oferecida. Essa é a resposta mais comumente observada entre os coccinelídeos, e respostas semelhantes foram relatadas para *Stethorus tridens* Gordon (Coleoptera: Coccinellidae) predando ninfas de *Tetranychus bastosi* Tuttle, Baker e Sales (Acari: Tetranychidae) (Costa et al., 2017).

Feng et al. (2018) relataram esse tipo de resposta para *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) a diferentes densidades de *Aphis citricola* (van der Goot) (Hemiptera: Aphididae). Seyfollahi et al. (2019) também observaram resposta Tipo II para *Hyperaspis polita* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) alimentando-se de *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). Predadores com resposta funcional Tipo II são eficientes no controle de presas em baixos níveis populacionais, sendo uma característica importante para um inimigo natural, pois a ação desses organismos em baixos níveis populacionais de determinadas pragas pode evitar que estas atinjam o nível de controle (Sabelis, 1986).

Os resultados demonstraram que *E. connexa* apresenta elevado potencial predatório de ácaros *T. urticae* e *T. ogmophallos*. Esse coccinelídeo exibe valores de voracidade mais elevados em comparação a outros coccinelídeos, como *Stethorus gilvifrons* Mulsant alimentando-se de *Eutetranychus orientalis* (Klein) (Acari: Tetranychidae) (Imani e Shishehbor, 2011), *Stethorus gilvifrons* Mulsant predando *Tetranychus turkestanii* Ugarov e Nikolski (Acari: Tetranychidae) (Jamour e Shishehbor, 2012) e *S. tridens* predando *T. bastosi* (Costa et al., 2017).

As larvas de quarto ínstar foram mais vorazes em comparação aos demais estádios larvais de *E. connexa*. A maior voracidade de larvas de quarto estágio também é consistente com os resultados de estudos anteriores com outras espécies de coccinelídeos, como, por exemplo, *Harmonia axyridis* (Pallas) (Seko e Miura, 2008), *Coccinella undecimpunctata* L. (Cabral et al., 2009), *H. polita* (Farhadi et al., 2017; Seyfollahi et al., 2019) e *Scymnus syriacus* Marseul Mulsant (Moradi et al., 2020). A alta demanda de nutrientes e de energia para crescer e atingir o peso

necessário para a pupação pode ser a razão para o maior consumo de presas em larvas de quarto instar em comparação aos demais estádios larvais (Hodek et al., 2012).

Em todos os estádios larvais, *E. connexa* predou maior número de ácaros *T. urticae* em comparação a *T. ogmophallos*. A diferença de consumo de um coccinelídeo em diferentes espécies de presas pode ser um indicativo de palatabilidade (Omkar e Mishra, 2005). Portanto, pode-se inferir que os resultados observados estejam relacionados ao fato de que *T. urticae* é nutricionalmente ou palatavelmente mais adequado para *E. connexa*, em comparação a *T. ogmophallos*. Além disso, ressalta-se que *T. ogmophallos* produz elevada quantidade de teias, o que pode ter dificultado sua predação por *E. connexa*, principalmente nos instares iniciais.

A taxa de ataque e o tempo de manuseio dos estádios larvais foram diferentes ao se alimentar das duas espécies de presas, demonstrando que diferentes estádios do predador, com respostas semelhantes, não necessariamente atacam ou lidam da mesma forma com os dois tipos de presas (Bayoumy e Awadalla, 2018). Por outro lado, o tempo de manuseio é o tempo total gasto por um predador para capturar, matar e consumir a presa (Veeravel e Baskaran, 1997; Atlihan e Guldal, 2009). Neste estudo, o tempo de manuseio diminuiu de acordo com o estágio de desenvolvimento do predador. Portanto, larvas de quarto instar de *E. connexa* apresentaram menor tempo de manuseio em comparação aos outros estádios larvais.

As taxas máximas de predação de larvas de quarto instar foram maiores em comparação aos demais instares larvais, para ambas as espécies de ácaros. Da mesma forma, Seko e Miura (2008) relatam que larvas de quarto instar de *H. axyridis* exibiram altas taxas de ataque quando se alimentaram de *M. persicae*. Larvas de quarto instar consomem mais presas em comparação aos outros estádios, devido ao maior tamanho e por necessitarem de mais energia para o processo de pupação (Hodek, 1996).

Este é o primeiro estudo que avaliou a resposta funcional de estádios larvais de *E. connexa* alimentados com *T. urticae* e *T. ogmophallos*. O conhecimento da adaptação dos diferentes estádios de desenvolvimento do predador às diferentes espécies de presas desempenha papel fundamental no Manejo Integrado de Pragas,

pois facilita o entendimento das interações entre o predador e as espécies de presas que ocorrem no agroecossistema.

Acredita-se que *E. connexa* possa ser explorado para utilização no controle de ácaros em sistemas agrícolas. Estudos adicionais referentes ao potencial desse predador, em condições de campo, são necessários para avaliar as possibilidades de uso de *E. connexa* como agente de controle desses ácaros-praga. Além disso, os efeitos dos agrotóxicos sobre o predador *E. connexa* necessitam ser avaliados antes de um possível desenvolvimento bem-sucedido de um Programa de Manejo Integrado de Pragas.

5. Referências

Afshar FR, Latifi M (2017) Functional response and predation rate of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at three constant temperatures. **Persian Journal of Acarology** 6:299-314.

Akyazi R, Liburd OE (2019) Biological control of the twospotted spider mite (Trombidiformes: Tetranychidae) with the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Mesotigmata: Phytoseiidae) in blackberries. **Florida Entomologist** 102:373-381. <https://doi.org/10.1653/024.102.0217>

Ali A, Ahmad S, Maula F, Ali Khan I, Yasmin B 2016. Effect of temperature on food consumption of the black ladybird beetle, *Stethorus punctum* Leconte (Coleoptera: Coccinellidae) reared on the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* under different constant temperatures. **Journal of Entomology and Zoology** 4:628-632.

Sarmiento RS, Pallini A, Venzon M, Fonseca de Souza OF, Molina-Rugama AJ, Oliveira CL (2007) Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 50:121-126. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132007000100014>

Atlıhan R, Güldal H (2009) Prey density-dependent feeding activity and life history of *Scymnus subvillosus*. **Phytoparasitica** 37:35-41.

Barbosa TS, Andrade DJ, Polanczyk RA, Duarte RT (2018) Susceptibility of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae) to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. **Florida Entomologist** 101:249-253.

Bayoumy MH, Awadalla HS (2018) Foraging responses of *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia variegata* and *Chrysoperla carnea* to changing in density of two aphid species. **Biocontrol Science and Technology** 28:226-241.

Castilho RC, Duarte VS, Moraes GJ, Westrum K, Trandem N, Rocha LC, Delalibera IJ, Klinge I (2015) Two-spotted spider mite and its natural enemies on strawberry grown as protected and unprotected crops in Norway and Brazil. **Experimental and Applied Acarology** 66:509-528. <https://doi.org/10.1007/s10493-015-9913-4>

Cabral S, Soares AO, Garcia P (2009) Predation by *Coccinella undecimpunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae): effect of prey density. **Biological Control** 50:25-29.

Costa JF, Matos CHC, Oliveira CRF, Silva TGF, Lima Neto IFA (2017) Functional and numerical responses of *Stethorus tridens* Gordon (Coleoptera: Coccinellidae) preying on *Tetranychus bastosi* Tuttle, Baker & Sales (Acari: Tetranychidae) on physic nut (*Jatropha curcas*). **Biological Control** 111:1-5. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.04.015>

Dermauw W, Wybouw N, Rombauts S, Menten B, Vontas J, Grbic M, Clark RM, Feyereisen R, Van Leeuwen T (2013) A link between host plant adaptation and pesticide resistance in the polyphagous spider mite *Tetranychus urticae*. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 110:E113-E122. <https://doi.org/10.1073/pnas.1213214110>

Farhadi Z, Esfandiari M, Mossadegh MS, Shishehbor P (2017) Prey stage preference and functional response of the coccinellid *Hyperaspis polita* Weise by feeding on the mealybug *Nipaecoccus viridis* (Newstead). **Plant Pests Research** 7:63-78.

Farooq M, Shakeel M, Iftikhar A, Shahid MR, Zhu X (2018) Age-stage, two-sex life tables of the lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on different aphid species. **Journal of Economic Entomology** 111:575-585.

Farooq M, Zhu X, Shakeel M, Iftikhar A, Shahid MR, Saeed N, Arain MS (2020) Comparative analysis of the demographic parameters of seven spotted ladybird beetle (Coleoptera: Coccinellidae) reared on various host aphid species. **PeerJ** 8:e8313 <https://doi.org/10.7717/peerj.8313>

Fathi SAA, Nouri-Ganbalani G (2010) Assessing the potential for biological control of potato field pests in Ardabil, Iran: functional responses of *Orius niger* (Wolf.) and *O. minutus* (L.) (Hemiptera: Anthocoridae). **Journal of pest science** 83:47-52. <https://doi.org/10.1007/s10340-009-0270-0>

Feng Y, Zhou ZX, An MR, Li YD, Liu ZG, Wang LL, Ren JZ, Liu TX (2018) Conspecific and heterospecific interactions modify the functional response of *Harmonia axyridis* and *Propylea japonica* to *Aphis citricola*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 166:873-882.

Fonseca MM, Pallini A, Marques PH, Lima E, Jenssen A (2020) Compatibility of two predator species for biological control of the two-spotted spider mite. **Experimental and Applied Acarology** 80:409–422. <https://doi.org/10.1007/s10493-020-00472-8>

Fraulo AB, Liburd OE (2007) Biological control of twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*, with predatory mite, *Neoseiulus californicus*, in strawberries. **Experimental and Applied Acarology** 43:109–119. <https://doi.org/10.1007/s10493-007-9109-7>

Gómez WD, Polanía ZI (2009) Life table of the predatory beetle *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica** 12:147-155.

Grbić M, Van Leeuwen T, Clark R et al. (2011) The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. **Nature** 479:487-492.

Hassanpour M, Nouri-Ganbalani G, Mohaghegh J (2009) Functional response of different larval instars of the green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae), to the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Food, Agriculture and Environment** 7:424-428. <https://doi.org/10.1234/4.2009.1678>

Hodek I (1996) Food relationships. In: Hodek I, Honek A (eds) **Ecology of Coccinellidae**. Dordrecht: Kluwer Academic. p. 143-238.

Hodek I, Honek A, van Emden HF (2012) **Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)**. Chichester: John Wiley & Sons. 600 p.

Howell AD, Daugovish O (2013) Biological control of *Eotetranychus lewisi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on strawberry by four phytoseiids (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology** 106:80-85. <https://doi.org/10.1017/S1742758412000227>

Imani Z, Shishehbor P (2011) Functional response of *Stethorus gilvifrons* (Col., Coccinellidae) to different densities of *Eutetranychus orientalis* (Acari: Tetranychidae) in the laboratory. **Journal of the Entomological Society of Iran** 31, 29-40.

Jamour T K, Shishehbor, P (2012) Host plant effects on the functional response of *Stethorus gilvifrons* to strawberry spider mites. **Biocontrol Science and Technology** 22:101-110.

Juliano S (2001) Nonlinear curve fitting: Predation and functional response curves. In: Scheiner SM Gurevitch J (Eds), **Design and Analysis of Ecological Experiments**. New York: Oxford University Press p. 178-196.

Melville CC, Zampa SF, Savi PJ, Michelotto MD, Andrade DJ (2019) Peanut cultivars display susceptibility by triggering outbreaks of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology** 78:295-314.

Miller JC (1995) A comparison of techniques for laboratory propagation of a South American ladybeetle, *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control** 5:462-465. <https://doi.org/10.1006/bcon.1995.1055>

Monteiro LB, Kuhn TMA, Mogor AF, Silva EDB (2014) Biology of the Two-Spotted Spider Mite on Strawberry Plants. **Neotropical Entomology** 43:183-188. <https://doi.org/10.1007/s13744-013-0184-7>

Moradi M, Hassanpour M, Fathi SAA, Golizadeh A (2020) Foraging behaviour of *Scymnus syriacus* (Coleoptera: Coccinellidae) provided with *Aphis spiraecola* and *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) as prey: Functional response and prey preference. **European Journal of Entomology** 117:83-92.

Oliveira NC, Wilcken CF, Matos CAO (2004) Biological cycle and predation of three coccinellid species (Coleoptera, Coccinellidae) on giant conifer aphid *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera, Aphididae). **Revista Brasileira de Entomologia** 48:529-533.

Omkar, Mishra G (2005) Preference-performance of a generalist predatory ladybird: a laboratory study. **Biological Control** 34:187-195.

Rogers D (1972) Random search and insect population models. **Journal of Animal Ecology** 41:369-383.

Royama T (1971) A comparative study of models for predation and parasitism. **Researches on Population Ecology** 1:1-99

Sabelis M (1986) The functional response of predatory mites to the density of two spider mites In: Metz J, Diekmann O (eds) **Dynamics of Physiologically Structured Populations, Lecture Notes in Biomathematics**. Belin: Springer Verlag. P. 298-321.

Santos NR, Santos-Cividanes TM, Cividanes FJ, Anjos ACR, Oliveira LVL (2009) Biological aspects of *Harmonia axyridis* fed on two prey species and intraguild predation with *Eriopis connexa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 44:554-560. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000600002>

Sarmiento RA, Pallini A, Venzon M, Souza OF, Molina-Rugama AJ, Oliveira CL (2007) Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 50:121-126. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132007000100014>

Seko T, Miura K (2008) Functional response of the lady beetle *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) on the aphid *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). **Applied Entomology and Zoology** 43:341-345. <https://doi.org/10.1303/aez.2008.341>

SAS Institute (2015) SAS/STAT User's Guide. SAS Institute, Cary, NC, USA.

Seyfollahi F, Esfandiari M, Mossadegh MS, Rasekh A (2019) Functional response of *Hyperaspis polita* (Coleoptera, Coccinellidae) to the recently invaded mealybug *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera, Pseudococcidae). **Neotropical Entomology** 48:484-495.

Silva RB, Cruz I, Zanuncio JC, Figueiredo MLC, Zanuncio TV, Serrão JE (2013) *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs as alternative food for rearing of lady beetles *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control** 64:101-105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.09.013>

Stavrinides MC, Skirvin DJ (2003) The effect of chrysanthemum leaf trichome density and prey spatial distribution on predation of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) by *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). **Bulletin of entomological research** 93:343-350. <http://dx.doi.org/10.1079/ber2003243>

Sultan A, Khan MF, 2014. Functional response of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) to sugarcane whitefly *Aleurolobus barodensis* (Maskell) in laboratory conditions. **Journal of Insect Behavior** 27:454-461. <http://dx.doi.org/10.1007/s10905-014-9442-8>

Veeravel R, Baskaran P (1997) Searching behaviour of two coccinellid predators *Coccinela transversalis* Fab. and *Cheilomenes sexmaculatus* Fab. on eggplant infested with *Aphis gossypii* Glov. **Insect Science and Its Application** 17:335-339.

Van Lenteren J, Hemerik L, Lins J, Bueno V (2016) Functional responses of three neotropical mirid predators to eggs of *Tuta absoluta* on tomato. **Insects** 7:1-10. <http://dx.doi.org/10.3390/insects7030034>

Wang S, Tang X, Wang L, Zhang Y, Wu Q, Xie W (2014) Effects of sublethal concentrations of bifenthrin on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology** 19;481-490. <http://dx.doi.org/10.11158/saa.19.4.11>

Yaşar B, Özger Ş (2005) Development, feeding and reproduction responses of *Adalia fasciatopunctata revelierei* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) to *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) (Homoptera: Aphididae). **Journal of Pest Science** 78:199–203. <https://doi.org/10.1007/s10340-005-0089-2>

Van Leeuwen T, Vontas J, Tsagkarakou A, Dermauw W, Tirry L (2010) Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. **Insect Biochemistry and Molecular Biology** 40:563-572. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2010.05.008>.

CAPÍTULO 5 - Toxicidade e efeito subletal de acaricidas sobre o predador *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae)

Resumo – *Eriopis connexa* (Germar) é um importante predador encontrado em diversos agroecossistemas. O presente estudo avaliou os impactos de cinco acaricidas sobre ovos, larvas e adultos deste predador. Os ensaios foram realizados em laboratório com condições controladas de $24\pm 1^{\circ}\text{C}$, $60\pm 20\%$ UR e fotofase de 12 horas. Os produtos avaliados foram propargite, abamectina, oxymatrine, espiromesifeno e fenpiroximato. O controle foi composto por água deionizada. Os acaricidas não afetaram o período de incubação de ovos e as taxas de eclosão de larvas. Todas as larvas morreram no primeiro instar, quando os ovos foram tratados com abamectina e oxymatrine. A sobrevivência e a duração das pupas não foram afetadas pelos acaricidas. Fenpiroximato e espiromesifeno reduziram a fecundidade e a longevidade de fêmeas quando pulverizados sobre os ovos. Abamectina e oxymatrine causaram 100% de mortalidade em larvas de primeiro instar. Por outro lado, propargite, espiromesifeno e fenpiroximato não afetaram a sobrevivência larval, mas afetaram a fecundidade, a fertilidade e a longevidade de fêmeas. Nos adultos, abamectina e oxymatrine reduziram sua sobrevivência, fecundidade e fertilidade. Propargite, espiromesifeno e fenpiroximato não apresentaram efeito sobre os parâmetros biológicos de *E. connexa*, quando pulverizados sobre os adultos. Todos os acaricidas reduziram a taxa intrínseca de aumento (r) e a taxa finita de aumento (λ) e aumentaram o tempo médio de geração (T) do predador, quando as larvas de primeiro instar foram tratadas diretamente com estes acaricidas. Os resultados sugerem que abamectina e oxymatrine podem reduzir os níveis populacionais de *E. connexa* no campo, enquanto fenpiroximato, espiromesifeno e propargite causam menor impacto negativo sobre os parâmetros biológicos deste predador.

Palavras-chave: Joaninha, Seletividade, Parâmetros demográficos, Inimigo natural, Manejo Integrado de Pragas.

CAPÍTULO 5 - Toxicity and sublethal effect of acaricides on the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae)

Abstract – *Eriopis connexa* is an important predator found in several agroecosystems. The present study evaluated under laboratory conditions the impacts of five acaricides (abamectin, oxymatrine, spiromesifene and fenpyroximate) on each development stage (eggs, larvae and adults) of this predator. Acaricides did not affect survival rate and incubation period in exposed eggs. However, abamectin and oxymatrine caused severely sublethal effect killing 100% of larvae from exposed eggs. Other acaricides did not affect survival rate and duration of pupae. Fenpyroximate and spiromesifene reduced the fecundity and longevity of the females when the eggs were treated. Abamectin and oxymatrine caused 100% mortality in exposed first instar larvae. Conversely, propargite, spiromesifene and fenpyroximate did not affect larval survival, but caused a high degree of sublethal effects on longevity, fecundity and fertility. Abamectin and oxymatrine reduced adult survival and significant sublethal effects on fecundity and fertility in exposed adults while. Propargite, spiromesifene and fenpyroximate had no effect on these parameters. Based on demographic parameters, all acaricides reduced the intrinsic rate of increase (r) and the finite rate of increase (λ) and increased the mean generation time (T) of the predator, when the first instar larvae were directly treated. The results suggest that abamectin and oxymatrine may reduce population levels of *E. connexa*.

Keywords: Ladybug, Selectivity, Demographic parameters, Natural enemy, Integrated Pest Management.

1. Introdução

As joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) constituem um dos grupos mais importantes de inimigos naturais e desempenham papel fundamental em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Obrychi et al., 2009; Madadi et al., 2011; Cottrell e Tillman, 2017). Entre os coccinelídeos, *Eriopis connexa* Germar (Coleoptera: Coccinellidae) é um predador generalista considerado potencial agente de controle de várias pragas, em diversas culturas agrícolas, tais como alfafa *Medicago sativa* L., tomate *Solanum lycopersicum* L., soja *Glycine max* L., amendoim *Arachis hypogaea* L., milho *Zea mays* L., algodão *Gossypium* spp. e morango *Fragaria* spp. (Sarmiento et al., 2007; Silva et al., 2009; Silva et al., 2013). Em áreas de cultivo de morango, populações de *E. connexa* são encontradas frequentemente associadas ao ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), uma das principais pragas da cultura. Estudos anteriores destacaram este predador como promissor agente de controle biológico de algumas espécies de ácaros tetraníquideos (Matos et al., dados não publicados).

O controle químico é o principal método utilizado no controle de *T. urticae* em cultivos agrícolas (Fotoukiai et al., 2019; Wei et al., 2019). No entanto, os efeitos letais e subletais de acaricidas de amplo espectro podem reduzir os níveis populacionais de inimigos naturais e favorecer a seleção de populações de pragas resistentes aos ingredientes ativos (Stark e Banks, 2003; Stark et al., 2007; Cordeiro et al., 2013; Guedes et al., 2016). Os efeitos subletais podem alterar parâmetros biológicos e comportamentais dos predadores, como fecundidade, longevidade, fertilidade, forrageamento e capacidade de predação (Desneux et al., 2007; Stark et al., 2007; Thornham et al., 2008; He et al., 2019). Neste contexto, Santos et al. (2017) e Dai et al. (2020) observaram que determinados inseticidas podem causar efeitos subletais em inimigos naturais, causando a redução da eficiência de controle proporcionada por estes organismos. Portanto, além da mortalidade, os efeitos subletais também devem ser incluídos nas avaliações de impactos de agrotóxicos sobre os organismos benéficos (Desneux et al., 2007).

Diversos estudos avaliaram a toxicidade aguda de agrotóxicos sobre *E. connexa* (Rodrigues et al., 2013; Rodrigues et al., 2014; D'Ávila et al., 2018; Santos

et al., 2018). No entanto, estudos que avaliem os efeitos destes produtos sobre os parâmetros demográficos desse predador são inexistentes. Os parâmetros demográficos são uma ferramenta útil para examinar os efeitos dos produtos químicos sobre os inimigos naturais, uma vez que refletem os efeitos cumulativos sobre o desenvolvimento, a sobrevivência e a reprodução desses organismos (Stark e Banks, 2003; Castro et al., 2015). Além disso, auxiliam no entendimento desses efeitos sobre a dinâmica populacional dos predadores, contribuindo assim para a integração do controle químico e biológico (Santos et al., 2017). Considerando o potencial de *E. connexa* como agente de controle biológico, o trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de cinco acaricidas, comumente utilizados para o controle de *T. urticae* sobre o coccinelídeo *E. connexa*.

2. Material e Métodos

Os estudos foram desenvolvidos no Laboratório de Acarologia – GEMAN (Grupo de Estratégias e Manejo de Ácaros Neotropicais) do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jaboticabal-SP.

2.1 Criação de *Eriopis connexa*

A criação de *E. connexa* foi iniciada com adultos coletados em plantas espontâneas. As joaninhas foram mantidas em gaiolas constituídas por tubos de PVC de 10 cm de altura por 10 cm de diâmetro, forradas internamente com papel sulfite e vedadas por tecido voile. Os insetos foram alimentados com ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) e dieta constituída por lêvedo de cerveja e mel, na proporção de 1:1. Diariamente, as posturas de *E. connexa* foram retiradas das gaiolas e mantidas em placas de Petri de 12,0 cm de diâmetro e vedadas com filme de PVC. A água foi fornecida por meio de esponja de polietileno umedecida (Santos et al., 2009). A criação dos coccinelídeos foi mantida em sala climatizada a $25\pm1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $60\pm10\%$ e fotofase de 12 horas.

2.2 Produtos químicos

Cinco acaricidas comerciais, comumente utilizados para o controle do ácaro-rajado, foram testados sobre ovos, larvas e adultos de *E. connexa* na concentração de campo recomendada pelos fabricantes, para o controle de *T. urticae* em morangueiro, disponível no sistema Agrofite, no site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2020).

Os ingredientes ativos e as concentrações avaliadas foram: propargite (Omite® 720 EC, UPL) a 300 µl p.c. L⁻¹, fenpiroximato (Ortus® 50 SC) a 1.000 µl p.c. L⁻¹, espiromesifeno (Oberon® 24% SC, Bayer) a 200 µl p.c. L⁻¹, oxymatrine (Kingbo® oxymatrine 0,2%, Dinagro Agropecuária) a 1.000 µl p.c. L⁻¹ e abamectina (Vertimec® 1,8% EC, Syngenta Crop Protection) a 750 µl p.c. L⁻¹. Água deionizada foi utilizada como tratamento-controle (testemunha).

2.3 Efeitos sobre ovos

Ovos (n=100) de *E. connexa* de até 24 h de idade foram colocados em placas de Petri (9,0 x 1,5 cm) e pulverizados com 2 mL de solução, em torre de Potter (Burkard manufacturing Co., Rickmansworth Herts, Inglaterra), ajustado para uma pressão de 4 lbf.pol⁻², resultando em 1,8 mg.cm⁻² de deposição de resíduos frescos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Grupo de Trabalho sobre Agrotóxicos e Organismos Benéficos da Organização Internacional, para Controle Biológico de Animais e Plantas Nocivas/ Seção Regional do Oeste Paleártico (IOBC/WPRS) (Hassan et al., 1994).

Após o tratamento, os ovos foram colocados em placas de Petri (9,0 x 1,5 cm), seladas com filme de PVC e mantidas em uma sala climatizada (mesmas condições mencionadas no item 2.2) para avaliar o período de incubação e a viabilidade dos ovos (número de larvas eclodidas). As unidades experimentais (placas de vidro com ovos tratados) foram avaliadas a cada 24 h, por 7 dias. Os ovos que não deram origem as larvas foram consideradas inviáveis. As larvas recém-eclodidas foram contabilizadas para determinar a viabilidade dos ovos e individualmente transferidas para novas placas de Petri (9,0 x 1,5 cm) para avaliar a duração do estágio larval e a sobrevivência. Diariamente, as larvas foram

alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) e avaliadas até atingirem a fase de pupa.

As pupas obtidas em cada tratamento foram mantidas nas mesmas placas de Petri até à emergência dos adultos. Posteriormente, os adultos foram sexados e formados casais que foram transferidos para copos plásticos de 350 mL de capacidade, para avaliações do período de pré-oviposição, oviposição, fecundidade (número de ovos postos por fêmeas), fertilidade (número de larvas eclodidas) e longevidades das fêmeas e machos.

Para avaliar a fertilidade das fêmeas, 10 grupos de 10 ovos foram coletados aleatoriamente em cada tratamento e utilizados como unidades experimentais. Os ovos foram separados em placas de Petri (9,0 x 1,5 cm) seladas com filme de PVC e mantidos em sala climatizada. Diariamente, o número de larvas eclodidas em cada tratamento foi avaliado durante sete dias. Durante o período de avaliação, larvas e adultos foram alimentados com ovos de *E. kuehniella*. A água foi fornecida aos adultos em uma esponja de polietileno umedecida. Os experimentos foram realizados em sala climatizada (mesmas condições mencionadas no item 2.2).

Com os dados obtidos, foi calculado o coeficiente de redução (E_x) para cada tratamento, utilizando a fórmula proposta por Biondi et al. (2012):

$$E_{x(\%)} = 100 - (100 - M_c) \times E_r$$

Em que: M_c = mortalidade corrigida, calculada de acordo com a fórmula proposta por Abbott (1925); e E_r = efeitos na reprodução, calculados:

$$E_r = R_1 \times R_2$$

Em que R_1 é a proporção do número de ovos postos por fêmeas no tratamento e no controle, e R_2 é a proporção do número de larvas eclodidas no tratamento e no controle.

Os valores foram comparados aos padrões para testes ecotoxicológicos laboratoriais, propostos pelo IOBC/WPRS, em quatro categorias: I: inofensivo ($E_x < 30\%$); II: levemente prejudicial ($30\% \leq E_x \leq 79\%$); III: moderadamente prejudicial ($80\% \leq E_x \leq 99\%$); e IV: altamente prejudicial ($E_x > 99\%$) (Sterk et al., 1999).

2.4 Efeitos sobre larvas e adultos

Para avaliar os efeitos dos acaricidas sobre os estágios pós-embrionários de *E. connexa*, foram realizados ensaios utilizando-se de 40 larvas de primeiro instar ou 40 adultos (20 fêmeas e 20 machos) para cada tratamento, ambos com até 24 h de idade. Larvas de primeiro instar e os adultos foram pulverizados com 2 mL de solução, em torre de Potter. Após a pulverização, as larvas foram transferidas para placas de Petri (9,0 x 1,5 cm), seladas com filme de PVC e mantidas em sala climatizada para avaliação da mortalidade. As larvas sobreviventes foram mantidas nas mesmas placas até atingirem o estágio adulto.

Os adultos que emergiram das larvas tratadas e que sobreviveram à pulverização foram separados em casais e transferidos para copos plásticos de 350 mL de capacidade, para avaliar os efeitos na pré-oviposição, fecundidade, fertilidade e longevidade. As avaliações foram realizadas a cada 24 h até à morte dos adultos. Durante o período de avaliação, as larvas e os adultos foram alimentados com ovos de *E. kuehniella* e uma dieta mista à base de lêvedo de cerveja e mel, na proporção 1:1. A água foi fornecida em uma esponja de polietileno umedecida. O E_x foi calculado para cada tratamento; e os valores, comparados aos padrões para testes ecotoxicológicos laboratoriais, conforme descrito no item 2.4.

2.5 Parâmetros demográficos

Os parâmetros demográficos para cada tratamento foram estimados com base nos efeitos letais e subletais observados nos estágios imaturos (duração e sobrevivência dos estágios imaturos, período de pré-oviposição, fecundidade, fertilidade das fêmeas e longevidade das fêmeas e dos machos). Para esse fim, tabelas de vida foram construídas com base nos dados de todos os indivíduos testados, conforme proposto por Chi (1988). Os dados originais de todos os indivíduos foram analisados, utilizando-se do programa TWOSEXMSChart (Chi, 2020). Para cada tratamento, os seguintes parâmetros demográficos foram estimados:

Taxa reprodutiva líquida:

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

Taxa intrínseca de aumento (r), estimada pela fórmula de Euler-Lotka (Goodman 1982):

$$\sum_{i=x}^{\infty} e^{-r(i+1)} l_x m_x = 1$$

Taxa finita de aumento (λ):

$$\lambda = e^r$$

Tempo médio de cada geração (T):

$$T = \frac{\ln R_0}{r}$$

Os erros-padrões de cada parâmetro foram estimados pelo método de bootstrap, reamostrados 100.000 vezes seguindo o procedimento de Huang e Chi (2012). As médias de cada tratamento foram comparadas pelo teste de bootstrap ($p < 0,05$) (Efron e Tibshirani, 1993).

3. Resultados

3.1 Efeitos sobre ovos

Nenhum efeito significativo foi observado na duração do estágio do ovo, mostrando que esses compostos não afetaram o período de desenvolvimento embrionário (Tabela 1). Oxymatrine e abamectina causaram 100% de mortalidade das larvas no primeiro instar. Propargite e espiromesifeno prolongaram o tempo de desenvolvimento larval (Tabela 1).

Todos os compostos causaram reduções significativas na fecundidade de fêmeas (Tabela 2). Contudo, propargite, espiromesifeno e fenpiroximato não afetaram a fertilidade de fêmeas (Tabela 2). Quanto ao coeficiente de redução, propargite, espiromesifeno e fenpiroximato foram inofensivos aos ovos de *E. connexa*, enquanto oxymatrine e abamectina foram altamente prejudiciais (Tabela 2).

Tabela 1. Médias ($\pm$ EP) da duração (dias) e sobrevivência (%) dos estágios imaturos de *Eriopis connexa* quando os ovos foram tratados com acaricidas.

Tratamento	Concentração utilizada (μ .p.c.L ⁻¹)	Incubação		Larva		Pupa	
		Sobrevivência (%)	Duração (dias)	Sobrevivência (%)	Duração (dias)	Sobrevivência (%)	Duração (dias)
Controle	-	95,2 $\pm$ 0,1 a	2,9 $\pm$ 0,1 a	93,0 $\pm$ 0,2 a	10,5 $\pm$ 0,2 b	100,0 $\pm$ 0,0 a	3,8 $\pm$ 0,1 a
Propargite	300	93,1 $\pm$ 0,1 a	2,8 $\pm$ 0,1 a	92,5 $\pm$ 0,2 a	11,8 $\pm$ 0,1 a	100,0 $\pm$ 0,0 a	3,7 $\pm$ 0,1 a
Espiromesifeno	200	90,5 $\pm$ 0,1 a	2,9 $\pm$ 0,1 a	89,4 $\pm$ 0,1 a	11,9 $\pm$ 0,1 a	100,0 $\pm$ 0,0 a	3,9 $\pm$ 0,1 a
Oxymatrine	1.000	89,2 $\pm$ 0,1 a	2,9 $\pm$ 0,1 a	0,0 $\pm$ 0,0 b	-	-	-
Fenpiroximato	1.000	92,9 $\pm$ 0,2 a	3,0 $\pm$ 0,1 a	92,3 $\pm$ 0,2 a	10,8 $\pm$ 0,2 b	100,0 $\pm$ 0,0 a	3,8 $\pm$ 0,1 a
Abamectina	750	90,1 $\pm$ 0,1 a	3,0 $\pm$ 0,1 a	0,0 $\pm$ 0,0 b	-	-	-

Médias seguidas pelas mesmas letras em uma coluna não diferem entre si. Os erros-padrões (EP) foram estimados usando 100.000 bootstraps, e as médias foram comparadas usando o teste de bootstrap, pareado com 5% de significância.

Tabela 2. Efeitos letais (mortalidade corrigida do estágio imaturo) e subletais (fecundidade total, fertilidade e longevidade das fêmeas e machos), coeficiente de redução e categorias de toxicidade (IOBC/WPRS) de acaricidas aplicados em ovos de *Eriopsis connexa*.

Tratamento	Concentração utilizada ($\mu\text{l.p.c.L}^{-1}$)	Mortalidade corrigida de estágio imaturo ($M_c\%$)	Efeito sobre a reprodução		Longevidade		Coeficiente de redução ^a (E_x)	Categorias de toxicidade ^b IOBC/WPRS
			Fecundidade total (ovos por fêmea)	Fertilidade (% de larvas eclodidas)	Fêmea	Macho		
Controle	-	-	309,4 $\pm$ 3,7 a	90,9 $\pm$ 3,9 a	70,5 $\pm$ 1,8 a	70,1 $\pm$ 1,9 a	-	-
Propargite	300	0	279,1 $\pm$ 6,5 b	87,0 $\pm$ 4,7 a	69,3 $\pm$ 1,3 a	67,7 $\pm$ 1,5 a	13,7	I
Espiromesifeno	200	5,6	263,4 $\pm$ 10,8 b	82,0 $\pm$ 3,7 a	63,5 $\pm$ 1,7 b	65,6 $\pm$ 1,9 a	27,5	I
Oxymatrine	1000	100	-	-	-	-	100,0	IV
Fenpiroximato	1000	0	279,3 $\pm$ 9,8 b	82,0 $\pm$ 4,0 a	66,3 $\pm$ 1,5 ab	68,9 $\pm$ 1,9 a	18,6	I
Abamectina	750	100	-	-	-	-	100,0	IV

Médias seguidas pelas mesmas letras em uma coluna não diferem entre si. Os erros padrões (EP) foram estimados usando 100.000 bootstraps, e as médias foram comparadas usando o teste de bootstrap, pareado com significância de 5%. ^aCoeficiente de redução de acaricidas calculado pela fórmula $E_x = 100 - (100 - M_c) \times R1 \times R2$ como proposto por Biondi et al. (2012). ^bCategorias de toxicidade propostas pelo IOBC/WPRS para estudos de seletividade de pesticidas em inimigos naturais: I: inofensivo ($E_x < 30\%$); II: levemente prejudicial ($30\% < E_x < 79\%$); III: moderadamente prejudicial ($80\% < E_x < 99\%$) e IV: altamente prejudicial ($E_x > 99\%$), conforme descrito por Sterk et al. (1999).

3.2 Efeitos sobre larvas

Oxymatrine e abamectina causaram 100% de mortalidade de larvas no primeiro instar, 24 horas após a pulverização (Tabela 3). Observou-se mortalidade de 17,5% quando as larvas de primeiro instar foram tratadas com espiromesifeno e fenpiroximato (Tabela 3). Todos os compostos afetaram o tempo de desenvolvimento do estágio larval (Tabela 3). Propargite, espiromesifeno e fenpiroximato reduziram o número de ovos (fecundidade) e a longevidade das fêmeas (Tabela 4). Com base nos coeficientes de redução, oxymatrine e abamectina foram altamente prejudiciais para larvas de *E. connexa*, enquanto propargite, espiromesifeno e fenpiroximato foram levemente prejudiciais (Tabela 4).

Tabela 3. Médias ($\pm$ EP) de duração (dias) e sobrevivência (%) dos estágios imaturos de *Eriopis connexa* quando larvas de primeiro instar foram tratadas com acaricidas.

Tratamento	Concentração utilizada ($\mu\text{p.c.L}^{-1}$)	Larva		Pupa	
		Sobrevivência (%)	Duração (dias)	Sobrevivência (%)	Duração (dias)
Controle	-	92,3 $\pm$ 0,1 a	10,5 $\pm$ 0,2 c	100,0 $\pm$ 0,0 a	3,8 $\pm$ 0,1 a
Propargite	300	85,0 $\pm$ 0,2 a	11,9 $\pm$ 0,1 ab	100,0 $\pm$ 0,0 a	3,8 $\pm$ 0,1 a
Espiromesifeno	200	82,5 $\pm$ 0,2 a	11,7 $\pm$ 0,2 b	100,0 $\pm$ 0,0 a	3,7 $\pm$ 0,1 a
Fenpiroximato	1.000	82,5 $\pm$ 0,2 a	12,2 $\pm$ 0,1 a	100,0 $\pm$ 0,0 a	3,9 $\pm$ 1,1 a

Médias seguidas pelas mesmas letras em uma coluna não diferem entre si. Os erros padrões (EP) foram estimados usando 100.000 bootstraps, e as médias foram comparadas usando o teste de bootstrap, pareado com 5% de significância.

Tabela 4. Efeitos letais (mortalidade corrigida do estágio imaturo) e subletais (fecundidade total, fertilidade e longevidade de fêmeas e machos), coeficiente de redução e categorias de toxicidade (IOBC/WPRS) de acaricidas aplicados em larvas de primeiro ínstar de *Eriopis connexa*.

Tratamento	Concentração utilizada ($\mu\text{p.c.L}^{-1}$)	Mortalidade corrigida do estágio imaturo ($M_c\%$)	Efeito sobre a reprodução		Longevidade		Coeficiente de redução ^a (E_x)	Categorias de toxicidade ^b IOBC/WPRS
			Fecundidade total (ovos por fêmea)	Fertilidade (% de larvas eclodidas)	Fêmea	Macho		
Control	-	-	299,6 $\pm$ 6,5 a	94,0 $\pm$ 3,2 a	68,7 $\pm$ 1,5 a	70,1 $\pm$ 1,9 a	-	-
Propargite	300	5,6	257,0 $\pm$ 3,8 b	86,0 $\pm$ 4,3 ab	64,5 $\pm$ 0,8 b	65,7 $\pm$ 1,3 a	25,9	I
Espiromesifeno	200	8,3	231,0 $\pm$ 9,9 c	85,0 $\pm$ 3,2 b	60,4 $\pm$ 1,3 c	63,7 $\pm$ 1,7 b	36,1	II
Oxymatrine	1.000	100	-	-	-	-	100,0	IV
Fenpiroximato	1.000	8,3	225,7 $\pm$ 8,3 c	81,1 $\pm$ 3,9 b	59,2 $\pm$ 1,4 c	64,3 $\pm$ 1,5 b	40,4	II
Abamectina	750	100	-	-	-	-	100,0	IV

Médias seguidas pelas mesmas letras em uma coluna não diferem entre si. Os erros padrões (EP) foram estimados usando 100.000 bootstraps, e as médias foram comparadas usando o teste de bootstrap, pareado com significância de 5%. ^aCoeficiente de redução de acaricidas calculado pela fórmula $E_x = 100 - (100 - M_c) \times R1 \times R2$ como proposto por Biondi et al. (2012). ^bCategorias de toxicidade propostas pelo IOBC /WPRS para estudos de seletividade de agrotóxicos em inimigos naturais: I: inofensivo ($E_x < 30\%$); II: levemente prejudicial ($30\% < E_x < 79\%$); III: moderadamente prejudicial ($80\% < E_x < 99\%$) e IV: altamente prejudicial ($E_x > 99\%$), conforme descrito por Sterk et al. (1999).

3.3 Efeitos sobre adultos

Abamectina e oxymatrine reduziram significativamente a taxa de sobrevivência dos adultos do predador (Tabela 5). Fenpiroximato reduziu a fertilidade e a longevidade das fêmeas, contudo não afetou a fecundidade (Tabela 5). Propargite e espiromesifeno não alteraram os parâmetros biológicos dos adultos e foram semelhantes ao controle (Tabela 5). Oxymatrine e abamectina foram moderadamente prejudiciais e altamente prejudiciais aos adultos, respectivamente, enquanto propargite, espiromesifeno e fenpiroximato foram inofensivos aos adultos (Tabela 5).

3.4 Efeitos sobre os parâmetros demográficos

Nenhum dos compostos afetou a taxa reprodutiva líquida (R_0), a taxa intrínseca de aumento (r) e a taxa finita de aumento (λ) do predador, quando os ovos foram tratados (Tabela 6). Espiromesifeno causou aumento no tempo médio de geração (T), enquanto propargite e fenpiroximate não afetaram os valores de tempo médio de geração T (Tabela 6). Quando testados em larvas, todos os acaricidas reduziram r e λ do predador (Tabela 7). Nenhum dos compostos afetou a taxa reprodutiva líquida (R_0). Propargite, espiromesifeno e fenpiroximato causaram aumento no T , quando as larvas foram tratadas (Tabela 7).

Tabela 5. Efeitos letais (mortalidade) e subletais (fecundidade total, fertilidade e longevidades feminina e masculina), coeficiente de redução e categorias de toxicidade (IOBC/WPRS) de acaricidas aplicados em adultos de *Eriopsis connexa*.

Tratamento	Concentração utilizada ($\mu\text{p.c.L}^{-1}$)	Mortalidade corrigida dos adultos ($M_c\%$)	Efeito sobre a reprodução		Longevidade		Coeficiente de redução ^a (E_x)	Categorias de toxicidade ^b IOBC/WPRS
			Fecundidade total (ovos por fêmea)	Fertilidade (% de larvas eclodidas)	Fêmea	Macho		
Controle	-	0,0 ± 0,0 b	269,3 ± 11,9 a	96,0 ± 2,1 a	67,0 ± 1,3 a	64,8 ± 1,4 a	-	-
Propargite	300	0,0 ± 0,0 b	253,8 ± 8,2 a	93,0 ± 2,0 ab	64,8 ± 1,2 ab	64,9 ± 1,1 a	8,7	I
Espiromesifeno	200	0,0 ± 0,0 b	247,4 ± 8,4 a	90,0 ± 3,5 ab	64,1 ± 1,1 ab	63,1 ± 1,3 a	13,87	I
Oxymatrine	1.000	71,4 ± 3,7 a	16,8 ± 4,9 b	74,6 ± 2,4 c	18,0 ± 3,0 c	19,0 ± 2,4 b	98,61	III
Fenpiroximato	1.000	0,0 ± 0,0 b	242,2 ± 7,4 a	88,0 ± 3,4 b	62,9 ± 1,2 b	64,0 ± 1,6 a	17,56	I
Abamectina	750	71,4 ± 3,7 a	3,1 ± 2,9 c	62,3 ± 1,4 d	12,1 ± 2,3 c	10,4 ± 3,7 b	99,78	IV

Médias seguidas pelas mesmas letras em uma coluna não diferem entre si. Os erros-padrões (EP) foram estimados usando 100.000 bootstraps, e as médias foram comparadas usando o teste de bootstrap, pareado com significância de 5%. ^aCoeficiente de redução dos acaricidas calculado pela fórmula $E_x = 100 - (100 - M_c) \times R1 \times R2$ como proposto por Biondi et al. (2012). ^bCategorias de toxicidade propostas pelo IOBC/WPRS para estudos de seletividade de pesticidas em inimigos naturais: I: inofensivo ($E_x < 30\%$); II: levemente prejudicial ($30\% < E_x < 79\%$); III: moderadamente prejudicial ($80\% < E_x < 99\%$) e IV: altamente prejudicial ($E_x > 99\%$), conforme descrito por Sterk et al. (1999).

Tabela 6. Média ($\pm$ EP) dos parâmetros da tabela de vida de *Eriopis connexa* quando os ovos foram tratados com acaricidas.

Tratamento	Concentração utilizada (μ .p.c.L ⁻¹)	R_0 (descendentes/ indivíduos)	r (dia ⁻¹)	λ (dia ⁻¹)	T (dia)
Controle	-	140,0 $\pm$ 23,78 a	0,143 $\pm$ 0,006 a	1,514 $\pm$ 0,007 a	34,42 $\pm$ 0,69 b
Propargite	300	116,84 $\pm$ 21,26 a	0,131 $\pm$ 0,006 a	1,141 $\pm$ 0,007 a	36,10 $\pm$ 0,59 ab
Espiromesifeno	200	112,88 $\pm$ 20,63 a	0,130 $\pm$ 0,006 a	1,139 $\pm$ 0,007 a	36,339 $\pm$ 0,51 a
Fenpiroximato	1.000	126,35 $\pm$ 21,92 a	0,137 $\pm$ 0,006 a	1,147 $\pm$ 0,008 a	35,28 $\pm$ 0,61 ab

Médias seguidas pelas mesmas letras em uma coluna não diferem entre si. Os erros-padrões (EP) foram estimados usando 100.000 bootstraps, e as médias foram comparadas usando o teste de bootstrap, pareado com significância de 5%. R_0 = taxa reprodutiva líquida; r = taxa intrínseca de aumento; λ = taxa finita de aumento; T = tempo médio de geração.

Tabela 7. Média ($\pm$ EP) dos parâmetros da tabela de vida de *Eriopis connexa* quando larvas de primeiro instar foram tratadas com os acaricidas.

Tratamento	Concentração utilizada (μ .p.c.L ⁻¹)	R_0 (Descendentes/ indivíduos)	r (dia ⁻¹)	λ (dia ⁻¹)	T (dia)
Controle	-	145,9 $\pm$ 24,1 a	0,161 $\pm$ 0,007 a	1,176 $\pm$ 0,009 a	30,8 $\pm$ 0,7 b
Propargite	300	115,65 $\pm$ 20,3 a	0,143 $\pm$ 0,006 ab	1,154 $\pm$ 0,008 ab	33,2 $\pm$ 0,5 a
Espiro sifeno	200	103,95 $\pm$ 18,7 a	0,140 $\pm$ 0,007 b	1,150 $\pm$ 0,008 b	33,3 $\pm$ 0,7 a
Fenpiroximato	750	101,55 $\pm$ 18,1 a	0,134 $\pm$ 0,006 b	1,143 $\pm$ 0,007 b	34,5 $\pm$ 0,5 a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si. Os erros-padrões (EP) foram estimados usando 100.000 bootstraps e as médias foram comparadas usando o teste de bootstrap pareado com significância de 5%. R_0 = taxa reprodutiva líquida; r = taxa intrínseca de aumento; λ = taxa finita de aumento; T = tempo médio de geração.

4. Discussão

Este estudo avaliou a suscetibilidade de *E. connexa* a cinco acaricidas comumente utilizados em sistemas agrícolas. Os resultados evidenciaram que os níveis mais altos de toxicidade foram observados para larvas de primeiro instar, indicando que esse estágio de desenvolvimento foi o mais suscetível aos acaricidas estudados. Esses resultados são comparáveis aos de outros autores que demonstraram que larvas de diversos coccinelídeos são mais suscetíveis aos agrotóxicos em comparação aos estágios de ovo e adulto (Michaud et al., 2002;

Galvan et al., 2005; Fogel et al., 2013; Garzón et al., 2015; Ono et al., 2017; Santos et al., 2017).

Por outro lado, Rugno et al. (2015) ressaltaram que a menor suscetibilidade do ovo está associada à proteção embrionária proporcionada pelo córion, que reduz a capacidade de penetração dos agrotóxicos. A diferença entre a suscetibilidade de larvas e de adultos pode estar associada a uma cutícula mais fina e mais permeável dos estágios larvais, o que aumenta a capacidade de penetração no tegumento do inseto. Além disso, as atividades enzimáticas de desintoxicação são mais ativas em adultos em comparação ao estágio larval (Cho et al., 2002; Stark et al., 2004).

Entre todos os compostos testados, oxymatrine e abamectina foram considerados os mais nocivos a *E. connexa*, pois causaram efeitos significativos na sobrevivência de ovos, larvas e adultos do predador. Esses resultados estão de acordo com estudos anteriores que relataram efeitos colaterais negativos da abamectina sobre ovos, larvas, pupas e adultos de *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) (Youn et al., 2003), larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) (Vilela et al., 2010), adultos de *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) (Khani et al., 2012), adultos de *Orius laevigatus* (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae) (Biondi et al., 2012) e adultos de *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae) (Azod et al., 2016). No entanto, estudos que avaliam a toxicidade de oxymatrine sobre insetos predadores ainda são escassos.

A concentração de 300 μL^{-1} de propargite, pulverizada diretamente sobre ovos, larvas ou adultos de *E. connexa*, foi classificada como inofensiva. No entanto, esse ingrediente ativo afetou a fecundidade, a fertilidade e a longevidade das fêmeas, quando aplicado sobre larvas de primeiro instar desse predador. Resultados semelhantes foram observados por Rezaei et al. (2007) ao reportarem a baixa sensibilidade de *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) a este mesmo composto. Diversos autores consideram este produto adequado para uso em programas de Manejo Integrado de Pragas, por induzir uma associação positiva entre o acaricida e os inimigos naturais (Sato et al., 2002; Silva e Oliveira 2006, 2007). Por outro lado, Yokoyama e Pritchard (1984) verificaram que propargite

causava reduções em populações de *Geocoris pallens* Stal (Hemiptera: Geocoridae) em algodoeiro.

Espiromesifeno e fenpiroximato foram classificados como inofensivos ou levemente tóxicos a *E. connexa*. No entanto, esses acaricidas causaram efeito significativo no tempo de desenvolvimento larval, na fecundidade, na fertilidade e na longevidade do predador. Esses resultados concordaram com estudos anteriores, que mostraram efeito adverso do fenpiroximato na fecundidade e na longevidade de artrópodes predadores (Irigaray e Zalom 2006; Irigaray et al., 2007; Nadimi et al. 2009; Hamedí et al., 2010). Por outro lado, estudos realizados por Naik et al. (2006) demonstraram pouco impacto de fenpiroximato em populações de *C. carnea*. Estudos realizados por Quesada e Sadof (2019) classificaram espiromesifeno como inofensivo para *Chrysoperla rufilabris* Burmeister (Neuroptera: Chrysopidae) e *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell (Coleoptera: Coccinellidae). Esses autores relataram que o espiromesifeno apresenta características favoráveis para utilização em programas de Manejo Integrado de Pragas por apresentar baixa toxicidade para inimigos naturais.

Em relação aos parâmetros demográficos, os resultados demonstraram que espiromesifeno e fenpiroximato causaram efeito significativo sobre o r , λ e T do predador, quando pulverizados sobre larvas de primeiro instar. Como mencionado anteriormente, os estágios larvais dos predadores são os mais expostos à ação dos agrotóxicos, e, portanto, os níveis de toxicidade podem ser maiores em comparação a outros estágios de desenvolvimento (Garzón et al., 2015; Rugno et al., 2016; Ono et al., 2017). No entanto, embora esses compostos tenham reduzido os parâmetros demográficos de *E. connexa*, os valores de r e λ foram positivos, indicando que a população de *E. connexa* pode aumentar no tempo. De acordo com Van Isteren (2000) e Moscardini et al. (2013), quanto maior os valores de r , maior será o potencial reprodutivo do predador.

Conclui-se que a utilização de oxymatrine e de abamectina, para o controle de ácaros, pode afetar adversamente os níveis populacionais de *E. connexa* e comprometer o desempenho deste predador como agente de controle biológico. O menor impacto de propargite, espiromesifeno e fenpiroximate, observado sobre os parâmetros demográficos, sugere que esses compostos são menos nocivos ao

coccinelídeo do que os demais acaricidas testados. Estudos complementares devem ser conduzidos utilizando diferentes formas de exposição dos insetos aos acaricidas, visando a avaliar os efeitos sobre os parâmetros biológicos e comportamentais do predador. Além disso, estudos de campo e semicampo também podem auxiliar no entendimento dos impactos desses acaricidas sobre a população de *E. connexa*. O presente estudo fornece informações úteis para programas de Manejo Integrado de Pragas que visem à integração bem-sucedida do controle químico com o controle biológico.

5. Referências

Azod F, Shahidi-Noghabi S, Mahdian K, Smagghe G (2016) Lethal and sublethal effects of spirotetramat and abamectin on predatory beetles (*Menochilus sexmaculatus*) via prey (*Agonoscena pistaciae*) exposure, important for integrated pest management in pistachio orchards. **Belgian Journal of Zoology** 146:113-122.

Biondi A, Desneux N, Siscaro G, Zappalà L (2012) Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: Selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. **Chemosphere** 87:803–812. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.12.082>

Castro AA, Poderoso JCM, Ribeiro RC, Legaspi JC, Serrão JE, Zanuncio JC (2015) Demographic parameters of the insecticide-exposed predator *Podisus nigrispinus*: implications for IPM. **Biocontrol** 60:231-239. <https://doi.org/10.1007/s10526-014-9639-y>

Cottrell TE, Tillman PG (2017) Four species of lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) exhibit limited predation on *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) eggs and nymphs. **Biological Control** 114:73–78. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.08.005>

Chi H (1988) Life table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. **Environmental Entomology** 17:26-34. <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>

Chi H (2020) TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. Taichung: National Chung Hsing University.

Cho JR, Kim YJ, Kim HS, Yoo JK (2002) Some biochemical evidence on the selective insecticide toxicity between the two aphids, *Aphis citricola* and *Myzus malisuctus* (Homoptera: Aphididae), and their predator, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology** 5:49-53.

Dai C, Ricupero M, Puglisi R, Lu Y, Desneux N, Biondi A, Zappalà L (2020) Can contamination by major systemic insecticides affect the voracity of the harlequin ladybird? **Chemosphere** 256:126986.

D'Ávila VA, Barbosa WF, Reis LC, Gallardo BSA, Torres JB, Guedes RNC (2018) Lambda-cyhalothrin exposure, mating behavior and reproductive output of pyrethroid-susceptible and resistant lady beetles (*Eriopis connexa*). **Crop Protection** 107:41–47. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.01.009>

Desneux N, Decourtye A, Delpuech JM (2007) The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology** 52:52–81. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>

Efron B, Tibshirani RJ (1993) **An introduction to the bootstrap**. New York: Chapman & Hall. 430 p.

Fotoukiai SM, Tan Z, Xue W, Wybouw N, Van Leeuwen T (2019) Identification and characterization of new mutations in mitochondrial cytochrome b that confer resistance to bifenazate and acequinocyl in the spider mite *Tetranychus urticae*. **Pest Management Science**. 76:1154–1163. <https://doi.org/10.1002/ps.5628>

Galvan TL, Koch RL, Hutchison WD (2005) Toxicity of commonly used insecticides in sweet corn and soybean to multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal Economic Entomology** 98:780-789.

Garzón A, Medina P, Amor F, Viñuela E, Budia F (2015) Toxicity and sublethal effects of six insecticides to last instar larvae and adults of the biocontrol agents *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). **Chemosphere** 132:87-93.

Goodman D (1982) Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. **The American Naturalist** 119:803-823.

Guedes RNC, Smagghe G, Stark JD, Desneux N (2016) Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology** 61:43-62.

Hamed N, Fathipour Y, Saber M (2010) Sublethal effects of fenpyroximate on life table parameters of the predatory mite *Phytoseius plumifer*. **BioControl** 55:271–278. <https://doi.org/10.1007/s10526-009-9239-4>

He F, Sun S, Tan H, Sun X, Shang D, Qin YCC, Ji S, Li X, Zhang J, Jiang X (2019) Compatibility of chlorantraniliprole with the generalist predator *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) based toxicity, life-cycle development and population parameters in laboratory microcosms. **Chemosphere** 225:182-190.

Huang YB, Chi H (2012) Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. **Insect Science** 19:263-273. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2011.01424.x>

Irigaray FJSC, Zalom FG (2006) Side Effects of Five New Acaricides on the Predator *Galendromus occidentalis* (Acari, Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology** 38:299–305. <https://doi.org/10.1007/s10493-006-0017-z>

Irigaray FJSC, Zalom FG, Thompson PB (2007) Residual toxicity of acaricides to *Galendromus occidentalis* and *Phytoseiulus persimilis* reproductive potential. **Biological Control** 40:153–159. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.10.012>

Khani A, Ahmadi F, Ghadamyari M (2012) Side effects of imidacloprid and abamectin on the mealybug destroyer, *cryptolaemus montrouzieri*. **Trakia Journal of Sciences** 10:30-35.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 20120. AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acesso em: 20 abr 2019.

Madadi H, Mohajeri Parizi E, Allahyari H, Enkegaard A (2011) Assessment of the biological control capability of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) using functional response experiments. **Journal of Pest Science** 84:447–455. <https://doi.org/10.1007/s10340-011-0387-9>

Michaud JP (2002) Relative toxicity of six insecticides to *Cycloneda sanguinea* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Entomological Science** 37:83-93. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-37.1.83>

Moscardini VF, Gontijo PC, Carvalho GA, Oliveira RL, Maia JB, Silva FF (2013) Toxicity and sublethal effects of seven insecticides to eggs of the flower bug *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). **Chemosphere** 92:490-496.

Nadimi A, Kamali K, Arbabi M, Abdoli F (2009) Selectivity of three miticides to spider mite predator, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. **Scientia Agricola** 8:326–331. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(08\)60216-3](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(08)60216-3)

Obrycki JJ, Kring TJ (1998) Predaceous Coccinellidae in biological control. **Annual Review of Entomology** 43:295-321.

Obrycki, J.J., Harwood, J.D., Kring, T.J., O'Neil, R.J., 2009. Aphidophagy by Coccinellidae: Application of biological control in agroecosystems. **Biological Control** 51:244-254.

Ono EK, Zanardi OZ, Santos KFA, Yamamoto PT (2017) Susceptibility of *Ceraeochrysa cubana* larvae and adults to six insect growth-regulator insecticides. **Chemosphere** 168:49-57.

Quesada CR, Sadof CS (2019) Residual toxicity of insecticides to *Chrysoperla rufilabris* and *Rhyzobius lophanthae* predators as biocontrol agents of pine needle scale. **Crop Protection** 130:105044.

Rezaei M, Talebi K, Naveh VH, Kavousi A (2007) Impacts of the pesticides imidacloprid, propargite, and pymetrozine on *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae): IOBC and life table assays. **BioControl** 52:385-398. <https://doi.org/10.1007/s10526-006-9036-2>

Rodrigues ARS, Torres JB, Siqueira HAA, Lacerda DPA (2013) Inheritance of lambda-cyhalothrin resistance in the predator lady beetle *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control** 64:217-224.

Rodrigues ARS, Siqueira HAA, Torres JB (2014) Enzymes mediating resistance to lambda-cyhalothrin in *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology** 110:36-43.

Rugno GR, Zanardi OZ, Yamamoto PT (2015) Are the pupae and eggs of the lacewing *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae) tolerant to insecticides? **Journal of Economic Entomology** 108:2630-2639.

Santos NR, Santos-Cividanes TM, Cividanes FJ, Anjos ACR, Oliveira LVL (2009) Biological aspects of *Harmonia axyridis* fed on two prey species and intraguild predation with *Eriopis connexa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 44:554-560. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000600002>

Santos KFA, Zanardi OZ, Morais MR, Jacob CRO, Oliveira MB, Yamamoto PT (2017) The impact of six insecticides commonly used in control of agricultural pests on the generalist predator *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). **Chemosphere** 186:218-226.

Santos L, Trindade RCP, Santos DS, Dias MS, Broglio SMF, Lemos EEP (2018) Effect of anonaceous extracts on *Aphis gossypii* (Glover, 1887) (Hemiptera: Aphididae) and selectivity to *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae). **Acta Scientiarum-Agronomy** 40:e36267.

Sarmiento RA, Pallini A, Venzon M, Souza OF, Molina-Rugama AJ, Oliveira CL (2007) Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 50:121-126. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132007000100014>

Sato ME, Silva MG, Leandra R, Souza F, Miguel F, Raga A (2002) Differential toxicity of pesticides to *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) and *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on strawberry. **Neotropical Entomology** 31:449-456.

Silva RB, Zanuncio JC, Serrão JE, Lima ER, Figueiredo MLC, Cruz I (2009) Suitability of different artificial diets for development and survival of stages of predaceous ladybird beetle *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). **Phytoparasitica** 37:115-123. <https://doi.org/10.1007/s12600-008-0015-2>

Silva MZ, Oliveira CAL (2006) Seletividade de alguns Agrotóxicos em uso na citricultura ao ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Fruticultura** 28:205-208.

Silva MZ, Oliveira CAL (2007) Toxicidade de alguns agrotóxicos recomendados na citricultura sobre *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Fruticultura** 29:85-90.

Silva RB, Cruz I, Zanuncio JC, Figueiredo MLC, Zanuncio TV, Serrão JE (2013) *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs as alternative food for rearing of lady beetles *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control** 64:101-105. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.09.013>

Stark JD, Banks JE (2003) Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology** 48:505-519.

Stark JD, Banks JE, Acheampong S (2004) Estimating susceptibility of biological control agents to pesticides: influence of life history strategies and population structure. **Biological Control** 29:392-398.

Stark JD, Vargas RI, Banks JE (2007) Incorporating ecologically relevant measures of pesticide effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. **Journal of Economic Entomology** 100:1027–1032.

Sterk G, Hassan AS, Baillod M, Bakker F, Bigler F, Blümel S, Bogenschütz H, Boller E. et al., 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group Pesticides and Beneficial Organisms. **BioControl** 44:99-117.

Thornham DG, Blackwell A, Evans KA, Wakefield M, Walters KFA (2008) Locomotory behaviour of the seven-spotted ladybird, *Coccinella septempunctata*, in response to five commonly used insecticides. **Annals of Applied Biology** 152:349-359. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2008.00224.x>

Van Lenteren JC (2000) A greenhouse without pesticides: fact or fantasy. **Crop Protection** 19:375-384.

Vásquez C, Pérez M, Dávila M, Mangui J, Telenchana N (2018) Biological parameters of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on strawberry cultivars in Ecuador. **Revista Chilena de Entomología** 44:271-278

Vilela M, Carvalho GA, Carvalho CF, Vilas BMA, Leite MIS (2010) Selectivity of acaricides used in coffee crops to green lacewing. **Revista Ceres** 57:621-628.

Wei P, Demaeght P, De Schutter K, Grigoraki L, Labropoulou V, Riga M, Vontas J, Nauen R, Dermauw D, Van Leeuwen T (2019) Overexpression of an alternative allele of carboxyl/choline esterase 4 (CCE04) of *Tetranychus urticae* is associated with high levels of resistance to the keto-enol acaricide spiroticlofen. **Pest Management Science**. <https://doi.org/10.1002/ps.5627>

Yokoyama, V.Y. and Pritchard, J. (1984), Effect of pesticides on mortality, fecundity, and egg viability of *Geocoris pallens* (Hemiptera: Lygaeidae). **Journal of Economic Entomology** 77:876-879.

Youn YN, Seo MJ, Shin JG, Jang C, Yu YM (2003) Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control** 28:164-170.

CAPÍTULO 6 – Considerações finais

Os coccinelídeos (Coleoptera: Coccinellidae) são conhecidos como importantes agentes de controle biológico de pragas em agroecossistemas. Dentre os coccinelídeos, *Eriopis connexa* (Germar) e *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) destacam-se devido às suas características biológicas e comportamentais, como polifagia, alta voracidade e elevado potencial biótico. Na presente tese, foi avaliado o potencial desses dois coccinelídeos como agentes de controle de *Tetranychus urticae* Koch, *Tetranychus ogmophallos* Ferreira e Flechtmann, *Tetranychus evansi* Baker e Pritchard (Acari: Tetranychidae) e *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae).

No presente estudo, observou-se que *E. connexa* se desenvolve e reproduz-se ao alimentar-se de *T. urticae*, *T. ogmophallos* ou *M. persicae*. Enquanto *T. evansi* permite que este coccinelídeo se desenvolva apenas até o quarto instar larval. *Hippodamia convergens*, apesar de alimentar-se de todos os estágios dos ácaros, completou o ciclo de desenvolvimento apenas com o pulgão *M. persicae*.

No teste de resposta funcional, *E. connexa* demonstrou elevada capacidade de predação ao alimentar-se das fêmeas de *T. urticae* e *T. ogmophallos*, resultando em uma resposta funcional tipo II para ambas as espécies de ácaros. A resposta tipo II é comum entre os coccinelídeos, onde um número crescente de presas é consumido conforme a densidade da presa aumenta até atingir um platô, acima do qual ocorre a estabilização.

O teste de toxicidade demonstrou que abamectina e matrione são prejudiciais para *E. connexa* em todos os estágios de desenvolvimento. Enquanto, propargite, fenpiroximato e espiromesifeno causam menor impacto sobre o desenvolvimento e os parâmetros demográficos deste predador.

Os resultados obtidos neste estudo fornecem informações essenciais para estabelecer futuros programas de controle biológico, destacando-se *E. connexa* como um candidato para o controle de ácaros e pulgões. Estudos adicionais devem ser realizados para melhor compreender estas interações. Como, por exemplo, diferentes formas de exposição dos insetos aos acaricidas, visando a avaliar os efeitos sobre os parâmetros biológicos e comportamentais do predador. Além disso,

estudos de campo e semicampo também podem auxiliar no entendimento do real potencial de *E. connexa* no controle de ácaros tetranychídeos e do pulgão *M. persicae* em agroecossistemas.