Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Diversidade de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) em sistemas de manejo de pragas dos citros, suscetibilidade a inseticidas e predação de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae)

Gabriel Rodrigo Rugno

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2019

Gabriel Rodrigo Rugno
Ciências biológicas – Bacharel

Diversidade de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) em sistemas de manejo de pragas dos
citros, suscetibilidade a inseticidas e predação de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae)

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **PEDRO TAKAO YAMAMOTO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Rugno, Gabriel Rodrigo

Diversidade de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) em sistemas de manejo de pragas dos citros, suscetibilidade a inseticidas e predação de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) / Gabriel Rodrigo Rugno. - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2019.

99 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Ceraeochrysa 2. Chrysoperla 3. Efeitos letal e subletais 4. Seletividade a inseticidas 5. Psílideo-asiático-dos-citros I. Título

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Johanna Bajonero-Rugno e a nossa filha Gabriela Bajonero Rugno por estarem sempre do meu lado. Vocês me completam e são a fonte da minha inspiração, amo muito vocês.

Agradeço ao Prof. Dr. Pedro Takao Yamamoto pela orientação, amizade, confiança, ensinamentos e oportunidade para a realização deste trabalho e por quem tenho profunda admiração.

À memória do Prof. Dr. Phil Stansly da “University of Florida”. Agradeço pelos meses que passamos junto, por ter me recebido em seu país, laboratório e em sua casa, agradeço muito pelos ensinamentos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) pelos conhecimentos transmitidos, em especial ao Prof. Dr. Alberto Soares Corrêa pelo ensinamento e pelas ajudas fornecidas quando eu mais precisei. Também agradeço ao Prof. Dr. José Roberto Postali Parra por sempre estar disponível quando lhe procurei.

A todos os funcionários do departamento de Entomologia que contribuíram de forma direta ou indiretamente para a realização desse trabalho.

A Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade de realizar o curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Entomologia e pelos conhecimentos adquiridos.

A “University of Florida”, em especial ao Southwest Florida Research & Education Center pela oportunidade em realizar parte do trabalho no campus.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico (CNPQ) pela concessão da bolsa de estudo para a realização desse trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado sanduíche no exterior.

Aos proprietários e/ou empresas donas das áreas de citros em Analândia (fazenda da TOCA e Louis Dreyfus Company), em Itápolis (senhor Manuel e senhor Toninho) e em Mogi Mirim (Carlos Andrade da Andrade Sun Farms Agrocomercial e ao senhor Nadir) onde foram realizadas as coletas dos crisopídeos.

Ao Aloisio Coelho Junior do laboratório de Biologia de Insetos da ESALQ/USP pela ajuda e conselhos no decorrer desse trabalho.

Aos amigos do Departamento de Entomologia e do laboratório de Manejo Integrado de Pragas (MIP).

As empresas Dow AgroSciences, Bayer e FMC por nos forneceram os inseticidas para a realização desse trabalho.

A Koppert Brasil e Koppert EUA por nos forneceram os ovos de *Ephestia kuehniella* para manter a população de laboratório dos crisopídeos e para a montagem dos bioensaios.

Ao Dr. Adriano Gomes Garcia e Dra. Johanna Bajonero-Rugno pela ajuda nas análises estatísticas.

Às bibliotecárias Eliana Maria Garcia e Silvia Maria Zinsly da biblioteca central (ESALQ/USP) pelo auxílio na formatação deste trabalho.

A minha mãe Deolinda Aparecida Guilardi e tia Antônia Guilardi pelo amor e apoio que tive durante esses anos e a todos outros familiares, tios, tias, primos e primas.

A todos meus amigos de Araraquara que sempre estiveram junto comigo todas as vezes que estive em minha cidade natal.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
REFERÊNCIAS	14
2. DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DE CRISOPÍDEOS EM SISTEMA DE MANEJO ORGÂNICO E CONVENCIONAL DE PRAGAS DOS CITROS E DESENVOLVIMENTO DA PRINCIPAL ESPÉCIE PREDANDO <i>DIAPHORINA CITRI</i> (HEMIPTERA: LIVIIDAE)	19
RESUMO	19
ABSTRACT	19
2.1. INTRODUÇÃO	20
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	22
2.3. RESULTADOS	25
2.4. DISCUSSÃO	33
REFERÊNCIAS	37
3. INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS DE MANEJO DE PRAGAS NA TOLERÂNCIA DE CRISOPÍDEOS (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) A INSETICIDAS	43
RESUMO	43
ABSTRACT	43
3.1. INTRODUÇÃO	44
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	45
3.3. RESULTADOS	49
3.4. DISCUSSÃO	57
REFERÊNCIAS	60
4. EFEITO LETAL DE IMIDACLOPRIDO, FENPROPATRINA E DIMETOATO SOBRE LARVAS DE <i>CERAECHRYSA CUBANA</i> EM DIFERENTES FORMAS DE EXPOSIÇÃO	65
RESUMO	65
ABSTRACT	65
4.1. INTRODUÇÃO	66
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	67
4.3. RESULTADOS	71
4.4. DISCUSSÃO	76
REFERÊNCIAS	80
5. CONSUMO DE NINFAS DE <i>DIAPHORINA CITRI</i> (HEMIPTERA: LIVIIDAE) POR <i>CERAECHRYSA CUBANA</i> (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE).....	85
RESUMO	85
ABSTRACT	85
5.1. INTRODUÇÃO	86
5.2. MATERIAL E MÉTODOS	87
5.3. RESULTADOS	90
5.4. DISCUSSÃO	93

REFERÊNCIAS.....96

RESUMO

Diversidade de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) em sistemas de manejo de pragas dos citros, suscetibilidade a inseticidas e predação de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae)

Os crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) são predadores de pragas agrícola e importantes agentes de controle biológico de pragas da citricultura na América por ocorrerem naturalmente nos pomares. Utilizar as principais espécies como agente de controle da praga-chave, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), é um passo importante para reduzir a dependência dos inseticidas. O objetivo com esse trabalho foi: 1) estudar a diversidade de espécies de crisopídeos no sistema de manejo orgânico e convencional de pragas dos citros; 2) a suscetibilidade de suas populações aos principais inseticidas; 3) a toxicidade desses princípios ativos em diferentes formas de exposição e o efeito repelente; 4) estudar o desenvolvimento da espécie de crisopídeo mais abundante nos pomares de citros no Brasil e nos EUA alimentando-se exclusivamente de *D. citri*; 5) e a predação de *D. citri* pelos crisopídeos em condições laboratório e campo. Não houve diferença significativa na abundância e diversidade de crisopídeos entre o sistema de manejo orgânico e convencional. Mais de 60% dos indivíduos coletados nos pomares do estado de São Paulo, Brasil, foi *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). Essa espécie também foi a mais tolerante aos inseticidas clorpirifós, imidacloprido e bifentrina, enquanto que, *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) foi a mais sensível. Para *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), espécie presente no Brasil e predominante nos pomares na Flórida, EUA, dimeotato foi mais nocivo na exposição residual ou residual + ingestão. Fenproatrina foi mais letal na exposição residual + ingestão, em contrapartida, nessa forma de exposição, imidacloprido teve baixa toxicidade ao predador e foi inócuo nas exposições residual e ingestão. Fenproatrina também teve efeito repelente sobre *C. cubana*. Esse predador desenvolveu-se alimentando de *D. citri*, sendo que, as larvas de primeiro ínstar predaram em média 15 ninfas em 24 h e no campo (pomar na Flórida, EUA) reduziu a população da praga. Esses resultados indicam o potencial dos crisopídeos para serem utilizados em programas de manejo integrado.

Palavras-chave: Controle Biológico; Manejo Integrado de Pragas; Bicho-Lixeiro; Seletividade

ABSTRACT

Diversity of lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) in citrus pest management systems, susceptibility to insecticides and predation of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae)

Lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) are predators of agricultural pests and important for citrus orchards in America because they occur naturally in orchards. Using the main species as a key-pest control agent, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), is an important step in reducing dependence on chemical control. The objective with this thesis was to study: 1) the diversity of lacewing species in the organic and conventional management system of citrus pests; 2) the susceptibility of their populations to the main insecticides; 3) the toxicity of these active principles in different forms of exposure; 4) the development of the most abundant lacewing species in citrus orchards in Brazil and the USA, feeding exclusively on *D. citri*; 5) the predatory capacity and pest control under field conditions. There was no significant difference in the abundance and diversity of lacewings between the organic and conventional management system. More than 60% of the individuals collected in the orchards of the state of São Paulo, Brazil was *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). This species was also the most tolerant to the chlorpyrifos, imidacloprid and bifenthrin insecticides, whereas, *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) was the most sensitive. *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), species present in Brazil and predominant in orchards in Florida, USA, presented greater sensitivity to dimethoate residue and dimethoate or fenpropathrin residual + ingestion, whereas imidacloprid presented low toxicity to the predator and was harmless in residual and ingestion exposures. Fenpropathrin also had a repellent effect on *C. cubana*. This predator developed feeding of *D. citri* and the first instar larvae preyed on average 15 nymphs in 24 h and in the field controlled the population of the pest. These results show the potential of lacewings to be used in integrated pest management programs.

Keywords: Biological Control; Integrated Pest Management; Debris-Carrying Lacewing; Selectivity

1. INTRODUÇÃO

O estado de São Paulo é o principal produtor de citros no Brasil e um dos mais importantes produtores do mundo. Junto com o estado da Flórida, EUA, os dois são responsáveis por quase 50% de toda a produção mundial de laranja (Neves e Trombin 2017). Em 2017, a área colhida de laranja no estado de São Paulo foi maior que 402 mil ha, passando de 13 mil toneladas de frutos colhidos (IBGE 2017), com impacto importante para o produto interno bruto brasileiro (PIB), contribuindo com US\$ 6,5 bilhões (Neves e Trombin 2017). No entanto, a citricultura pode ser afetada negativamente por diversos fatores.

Dentre os fatores responsáveis por perdas econômicas na citricultura, destacam-se as pragas e doenças e, dentre estes problemas fitossanitários, os insetos são os organismos que mais têm importância na cultura devido alta diversidade de espécies, ciclo de vida curto, rápida reprodução e pela alta densidade populacional (Grafton-Cardwell et al. 2013). Atualmente, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) é a praga-chave da citricultura mundial por ser transmissor das bactérias “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” e “*Candidatus Liberibacter americanus*”, associadas com a principal doença dos citros (Teixeira et al. 2005, Grafton-Cardwell et al. 2013).

No Brasil, *D. citri* tornou-se praga chave a partir de 2004, ano que foram detectadas as primeiras plantas infectadas com as bactérias causadoras do Huanglongbing (HLB) e rapidamente a doença se espalhou pelo estado de São Paulo (Teixeira et al. 2005, Belasque et al. 2010). Para reduzir a dispersão da doença, é importante fazer o plantio de mudas sadias, erradicar plantas sintomáticas no campo e controlar a população do vetor das bactérias causadoras da doença (Grafton-Cardwell et al. 2013). O controle da densidade populacional de *D. citri* é um dos principais fatores para o sucesso no controle da doença, evitando a transmissão para plantas sadias (Belasque et al. 2010, Grafton-Cardwell et al. 2013). Em programas de manejo integrado de pragas, reconhecer e monitorar a população do inseto é fundamental para entrar com medidas de controle no momento correto, evitando perdas econômicas e reduzindo diversos problemas ecológicos e sociais (Cook et al. 2007). No entanto, por se tratar de um inseto vetor, relacionado com a

doença mais preocupante dos citros, ainda não há um nível de controle estabelecido.

O controle de *D. citri* é realizado muitas vezes por calendário pré-estabelecido ou quando é encontrado um inseto por armadilha, utilizando, principalmente, o controle químico (Belasque et al. 2010). Para a citricultura brasileira são diversos inseticidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e utilizados no campo (MAPA 2018). Esses inseticidas pertencem a diversos grupos químicos, os mais utilizados são os neurotóxicos, pertencentes ao grupo dos neonicotinoides, organofosforados e piretroides.

Os neonicotinoides são agonistas dos receptores nicotínicos da acetilcolina, que não são degradados pela enzima acetilcolinesterase, matando os insetos por excitação (Simon-Delso et al. 2015). Imidacloprido é o principal princípio ativo e sua descoberta e subsequente introdução no mercado em 1991, deu início a era dessa classe e nas últimas duas décadas os neonicotinoides tornaram-se os inseticidas mais amplamente utilizados entre as principais classes de inseticidas (organofosfatos e piretroides) no mercado global (Simon-Delso et al. 2015). Outro grupo importante são dos organofosforados que são inibidores da acetilcolinesterase, inibindo a ação de degradação da molécula acetilcolina e o inseto também morre por excitação. Dentro desse grupo, clorpirifós e dimetoato são largamente usados para controle de pragas (Sparks e Nauen 2015). Um grupo de inseticidas também muito utilizado nos pomares de citros são os piretroides que agem como moduladores de canais de sódio presentes na membrana dos neurônios, responsáveis por controlar a diferença do potencial elétrico. Os piretroides causam a entrada continua do sódio para dentro da célula e o inseto morre por paralisia do sistema nervoso (Sparks e Nauen 2015). Bifentrina e fenpropatrina são exemplos de princípios ativos pertencente aos piretroides que são usados na citricultura.

Esses inseticidas são aplicados em diferentes formas no campo, mas, a mais comum é por meio de atomizadores tratorizados e, após a mudança de status de *D. citri* para praga chave da cultura, intensificaram-se as aplicações (Belasque et al. 2010). Atualmente podem ser realizadas mais de 24 pulverizações tratorizadas, além de mais uma ou duas aplicações aéreas e, em pomares em formação, há aplicação de inseticidas sistêmicos via “drench” (Belasque et al. 2010). Este tipo de

sistema que usa inseticidas sintéticos é definido como sistema de manejo convencional de pragas, que é o mais utilizado para o controle das pragas dos citros no campo.

Outro sistema de manejo adotado pelos citricultores é o manejo orgânico, usado em menor escala e se baseia em utilizar táticas mais compatíveis com o ambiente, abrindo mão dos inseticidas sintéticos e utilizando, principalmente, produtos biológicos (Zehnder et al. 2007). O controle biológico das pragas é realizado pelos inimigos naturais e pode ser conservativo ou natural, inoculativo e inundativo. O controle biológico conservativo visa explorar e conservar os inimigos naturais presente na área para controlar a praga (Eilenberg et al. 2001). O inoculativo consiste na liberação do inimigo natural, de modo que se estabeleça e reproduza na cultura e o inundativo são liberações massais dos inimigos naturais com o propósito de reduzir a densidade populacional da praga alvo rapidamente (Eilenberg et al. 2001). O mais aceito pelos agricultores é o inundativo, porém, é limitado pela quantidade de produtos disponíveis no mercado.

Em relação ao controle biológico natural, diversos são os inimigos naturais presentes naturalmente nos pomares de citros (Freitas e Penny 2001, Cloyd e Dickinson 2006, Suma et al. 2009), tanto parasitoides como predadores. Os parasitoides são específicos a um grupo pequeno de espécies pragas, enquanto que, os predadores são generalistas, alimentando-se de várias espécies pragas da cultura (Khuhro et al. 2012, Parra et al. 2016). Um dos principais grupos de predadores encontrados são pertencentes à família Chrysopidae (Freitas e Penny 2001). Os ovos são característicos, depositados no topo de longos fios pelas fêmeas (Neuenfeldt e Scheibel 2017). Entre quatro e cinco dias, à 25 °C, eclodem as larvas que são do tipo campodeiforme e passam por três ínstares antes de se transformarem em pupas (López-Arroyo et al. 1999, Tauber et al. 2000a, Rahman et al. 2017). Este é o único estágio predador do inseto e se desenvolve entre 10 a 15 dias. Muitas espécies tem o hábito de carregar resto de suas presas sobre o dorso, comportamento usado para camuflar, conhecidas popularmente como bicho-lixeiro (Eisner et al. 1978, López-Arroyo et al. 1999). As pupas são redondas e envoltas por fios de seda (Freitas e Penny 2001). Os adultos, geralmente, são verdes, podendo variar de amarelo a verde mais escuro dependendo da espécie (Freitas e Penny

2001). A fêmea pode depositar centenas de ovos e tem longevidade média de dois meses (Oliveira et al. 2016).

São relatadas diversas espécies de crisopídeos na citricultura brasileira. Segundo Freitas e Penny (2001), são mais de 20 espécies pertencentes a mais de cinco gêneros. Muitas espécies relatadas são pouco conhecidas e estudadas. Porém, espécies do gênero *Chrysoperla* são as mais estudadas e comercializadas na Europa e América do Norte (Tauber et al. 2000b). No Brasil, a espécie mais estudada é *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) que não tem o hábito de carregar o lixo sobre o dorso (Morales-Corrêa e Castro e Barbosa 2017). As espécies do gênero *Ceraeochrysa* têm grande importância para a citricultura por estarem presentes na cultura por toda a América. *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) e *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae) ocorrem desde a Argentina até o EUA (Tauber et al. 2000a).

Espécies do gênero *Ceraeochrysa* têm potencial no controle de *D. citri*. *Ceraeochrysa valida* (Banks) (Neuroptera: Chrysopidae) pode preda centenas de ninfas da praga, conseguindo se desenvolver e se reproduzir alimentando-se apenas de *D. citri*, característica importante para o controle biológico (Palomares-Pérez et al. 2016, Jose-Pablo et al. 2017). A falta de conhecimento da diversidade de espécies de crisopídeos e o seu potencial no controle biológico de *D. citri* em pomares de citros contribui para o número tão alta de pulverizações de inseticidas realizadas anualmente.

Além do efeito desejado dos inseticidas, seu uso indiscriminado pode causar efeitos letal e subletais (desenvolvimento, reprodução ou comportamento) nos crisopídeos (Cordeiro et al. 2010, Rugno et al. 2015, 2016). Esses predadores têm contato com os inseticidas por diferentes formas de exposição como tópica, residual e ingestão. A toxicidade do inseticida na exposição tópica se dá pelo contato do produto com a superfície externa do corpo do predador (Rugno et al. 2019). O contato residual ocorre ao caminhar sobre uma superfície tratada com o inseticida e por ingestão acontece quando o alimento ingerido está contaminado por algum princípio ativo (Cordeiro et al. 2010, Gontijo et al. 2014). Cada forma de exposição pode apresentar diferentes graus de toxicidade sobre os crisopídeos (Schuster e Stansly 2000).

No sistema de manejo convencional de pragas, o uso dos inseticidas já foi relacionado com a redução da densidade populacional de crisopídeos, principalmente de espécies mais sensíveis aos inseticidas (Porcel et al. 2013). Os surtos de pragas secundárias, ressurgência e resistência de insetos pragas a inseticidas estão relacionados com a eliminação dos inimigos naturais no campo (Beers et al. 2016, Biondi et al. 2018), e, geralmente, a abundância e diversidade de espécies de inimigos naturais em áreas que não utilizam o controle químico são maiores (Letourneau e Goldstein 2001, Letourneau e Bothwell 2008, Krauss et al. 2011).

No entanto, os inseticidas são extremamente importantes no controle de pragas, mas, devem ser utilizados de forma racional para minimizar os efeitos indesejáveis na agricultura (Grafton-Cardwell et al. 2013). Outras alternativas de controle devem ser empregadas para reduzir a dependência do controle químico. Os crisopídeos são potenciais agentes de controle biológico (Jose-Pablo et al. 2017). Conhecer as espécies de crisopídeos presentes na maior região produtora de citros do mundo e o efeito dos sistemas de manejos orgânico e convencional de pragas sobre elas e se os crisopídeos podem preda e desenvolver alimentando-se de *D. citri* são fundamentais para o manejo integrado de pragas dos citros.

Portanto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito do sistema de manejo orgânico e convencional de pragas dos citros na diversidade de crisopídeos, na biologia da espécie predominante nos pomares (*C. cincta*) e na suscetibilidade das espécies e suas populações aos principais inseticidas, determinar a toxicidade de inseticidas sobre *C. cubana* em diferentes formas de exposição, assim como estudar o desenvolvimento de *C. cincta* e *C. cubana* alimentando-se exclusivamente de *D. citri* e seu controle em condições de campo.

REFERÊNCIAS

- Beers, E. H., N. J. Mills, P. W. Shearer, D. R. Horton, E. R. Milickzy, K. G. Amarasekare, e L. M. Gontijo. 2016.** Nontarget effects of orchard pesticides on natural enemies: Lessons from the field and laboratory. *Biol. Control*. 102: 44–52.
- Belasque, J., R. B. Bassanezi, P. T. Yamamoto, A. J. Ayres, A. Tachibana, A. R. Violante, A. T. Jr, F. Di Giorgi, F. E. A. Tersi, G. M. Menezes, J. Dragone, R. H. J. Jr, e J. M. Bové. 2010.** Lessons from Huanglongbing management in São Paulo state, Brazil. *J. Plant Pathol.* 92: 285–302.
- Biondi, A., R. N. C. Guedes, F. Wan, e N. Desneux. 2018.** Ecology, worldwide spread, and management of the invasive south american tomato pinworm, *Tuta absoluta*: past, present, and future. *Annu. Rev. Entomol.* 63: 239–258.
- Cloyd, R. A., e A. Dickinson. 2006.** Effect of insecticides on mealybug destroyer (Coleoptera: Coccinellidae) and parasitoid *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae), natural enemies of citrus mealybug (Homoptera: Pseudococcidae). *J. Econ. Entomol.* 99: 1596–1604.
- Cook, S. M., Z. R. Khan, e J. A. Pickett. 2007.** The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 375–400.
- Cordeiro, E. M. G., A. S. Corrêa, M. Venzon, e R. N. C. Guedes. 2010.** Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. *Chemosphere* 81: 1352–1357.
- Eilenberg, J., A. Hajek, e C. Lomer. 2001.** Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl* 46: 387–400.
- Eisner, T., K. Hicks, M. Eisner, e D. S. Robson. 1978.** “Wolf-in-sheep’s-clothing” strategy of a predaceous insect larva. *Science* 199: 790–794.
- Freitas, S., e N. D. Penny. 2001.** The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of brazilian agro-ecosystems. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 52: 245–395.

Gontijo, P. C., V. F. Moscardini, J. P. Michaud, e G. A. Carvalho. 2014. Non-target effects of chlorantraniliprole and thiamethoxam on *Chrysoperla carnea* when employed as sunflower seed treatments. J. Pest Sci. 87: 711–719.

Grafton-Cardwell, E. E., L. L. Stelinski, e P. A. Stansly. 2013. Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the huanglongbing pathogens. Annu. Rev. Entomol. 58: 413–432.

IBGE. 2017. Produção agrícola municipal. Inst. Bras. Geogr. e Estatística. (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>).

Jose-Pablo, R., J. A. Villanueva-Jiménez, M. de la C. Vargas-Mendoza, e A. Huerta-de-la-Peña. 2017. Life cycle and larval predation by *Ceraeochrysa valida* (Banks) on nymphs of *Diaphorina citri* Kuwayama. Southwest Entomol. 42: 61–72.

Khuhro, N. H., H. Chen, Y. Zhang, L. Zhang, e M. Wang. 2012. Effect of different prey species on the life history parameters of *Chrysoperla sinica* (Neuroptera: Chrysopidae). Eur. J. Entomol. 109: 175–180.

Krauss, J., I. Gallenberger, e I. Steffan-Dewenter. 2011. Decreased functional diversity and biological pest control in conventional compared to organic crop fields. PLoS One. 6: e19502.

Letourneau, D. K., e B. Goldstein. 2001. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. J. Appl. Ecol. 38: 557–570.

Letourneau, D. K., e S. G. Bothwell. 2008. Comparison of organic and conventional farms: challenging ecologists to make biodiversity functional. Front. Ecol. Environ. 6: 430–438.

López-Arroyo, J. I., C. A. Tauber, e M. J. Tauber. 1999. Effects of prey on survival, development, and reproduction of trash-carrying chrysopids (Neuroptera: *Ceraeochrysa*). Environ. Entomol. 28: 1183–1188.

MAPA. 2018. AGROFIT: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Ministério da Agric. Pecuária e Abast.

- Morales-Corrêa e Castro, A. C., e N. C. C. P. Barbosa. 2017.** Recent evolutionary history of *Chrysoperla externa* (Hagen 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in Brazil. PLoS One. 12: e0177414.
- Neuenfeldt, M., e T. Scheibel. 2017.** Sequence identification, recombinant production, and analysis of the self-assembly of egg stalk silk proteins from lacewing *Chrysoperla carnea*. Biomolecules 7: 43.
- Neves, M. F., e V. G. Trombin. 2017.** Anuário da Citricultura 2017, 1st ed. CITRUSBR, São Paulo.
- Oliveira, R. L. de, V. F. Moscardini, P. C. Gontijo, R. R. Sâmia, R. C. Marucci, F. Budia, e G. A. Carvalho. 2016.** Life history parameters and feeding preference of the green lacewing *Ceraeochrysa cubana* fed with virus-free and potato leafroll virus-infected *Myzus persicae*. BioControl 61: 671–679.
- Palomares-Pérez, M., M. A. Ayala-Zermeño, B. Rodríguez-Vélez, J. de J. de la Cruz-Llanas, J. A. Sánchez-González, H. C. Arredondo-Bernal, e E. G. Córdoba-Urtiz. 2016.** Abundancia y depredación de *Ceraeochrysa valida* (Neuroptera: Chrysopidae) sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en Colima, México. Chil. J. Agric. Anim. Sci. 32: 0–0.
- Parra, J. R. P., G. R. Alves, A. J. F. Diniz, e J. M. Vieira. 2016.** *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) × *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae): mass rearing and potential use of the parasitoid in Brazil. J. Integr. Pest Manag. 7: 5.
- Porcel, M., F. Ruano, B. Cotes, A. Peña, e M. Campos. 2013.** Agricultural management systems affect the green lacewing community (Neuroptera: Chrysopidae) in olive orchards in southern Spain. Environ. Entomol. 42: 97–106.
- Rahman, A., G. Handique, e S. Roy. 2017.** Comparative biology, predation capacity and effect of an artificial diet on reproductive parameters of green lacewing *Mallada boninensis* (Neuroptera: Chrysopidae). Agric. For. Entomol. 19: 418–423.
- Rugno, G. R., O. Z. Zanardi, e P. T. Yamamoto. 2015.** Are the pupae and eggs of the lacewing *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae) tolerant to insecticides? J. Econ. Entomol. 108: 2630–2639.

- Rugno, G. R., O. Z. Zanardi, J. Bajonero Cuervo, M. R. de Moraes, e P. T. Yamamoto. 2016.** Impact of insect growth regulators on the predator *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). *Ecotoxicology* 25: 940–949.
- Rugno, G. R., O. Z. Zanardi, J. R. P. Parra, e P. T. Yamamoto. 2019.** Lethal and sublethal toxicity of insecticides to the lacewing *Ceraeochrysa cubana*. *Neotrop. Entomol.* 48: 162.
- Schuster, D. J., e P. A. Stansly. 2000.** Response of two lacewing species to biorational and broad-spectrum insecticides. *Phytoparasitica* 28: 297–304.
- Simon-Delso, N., V. Amaral-Rogers, L. P. Belzunces, J. M. Bonmatin, M. Chagnon, C. Downs, L. Furlan, D. W. Gibbons, C. Giorio, V. Girolami, D. Goulson, D. P. Kreutzweiser, C. H. Krupke, M. Liess, E. Long, M. McField, P. Mineau, E. A. D. Mitchell, C. A. Morrissey, D. A. Noome, L. Pisa, J. Settele, J. D. Stark, A. Tapparo, H. Van Dyck, J. Van Praagh, J. P. Van der Sluijs, P. R. Whitehorn, e M. Wiemers. 2015.** Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22: 5–34.
- Sparks, T. C., e R. Nauen. 2015.** IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pestic. Biochem. Physiol.* 121: 122–128.
- Suma, P., L. Zappalà, G. Mazzeo, e G. Siscaro. 2009.** Lethal and sub-lethal effects of insecticides on natural enemies of citrus scale pests. *BioControl* 54: 651–661.
- Tauber, C. A., T. De León, N. D. Penny, e M. J. Tauber. 2000a.** The genus *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) of America North of Mexico: larvae, adults, and comparative biology. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93: 1195–1221.
- Tauber, M. J., C. A. Tauber, K. M. Daane, e K. S. Hagen. 2000b.** Commercialization of predators: recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: Chrosoperla). *Am. Entomol.* 46: 26–38.
- Teixeira, D. C., C. Saillard, S. Eveillard, J. L. Danet, P. I. da Costa, A. J. Ayres, e J. Bové. 2005.** “*Candidatus Liberibacter americanus*”, associated with citrus Huanglongbing (greening disease) in São Paulo state, Brazil. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 55: 1857–1862.

Zehnder, G., G. M. Gurr, S. Kühne, M. R. Wade, S. D. Wratten, e E. Wyss. 2007.
Arthropod pest management in organic crops. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 57–80.

2. DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DE CRISOPÍDEOS EM SISTEMA DE MANEJO ORGÂNICO E CONVENCIONAL DE PRAGAS DOS CITROS E DESENVOLVIMENTO DA PRINCIPAL ESPÉCIE PREDANDO *DIAPHORINA CITRI* (HEMIPTERA: LIVIIDAE)

Resumo

Os crisopídeos são predadores de pragas agrícolas e ocorrem naturalmente nos pomares de citros. Conhecer as espécies presentes nos sistemas de manejo de pragas em uma das principais regiões produtoras de citros do mundo é importante para preservação das espécies e para manutenção do controle biológico natural. Com esse trabalho, objetivou-se estudar a: 1) diversidade e abundância de adultos de crisopídeos no sistema de manejo orgânico e convencional de pragas dos citros, realizado entre 11/2015 e 06/2017 em três municípios do estado de São Paulo, Brasil; 2) avaliar o desenvolvimento e reprodução da espécie de crisopídeo mais abundante nos pomares de citros, *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae), predando ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Não foi observada influência significativa dos sistemas de manejo de pragas dos citros sobre a abundância e diversidade das espécies de crisopídeos. A espécie mais coletada foi *C. cincta*, correspondendo a mais de 60% de todo material. *Ceraeochrysa cincta* foi capaz de se desenvolver e reproduzir predando *D. citri*. As larvas que predaram ninfas de *D. citri* apresentaram o estágio larval mais longo, menor peso pupal e fêmeas mais longevas que os indivíduos que predaram ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Diferenças significativas também foram observadas nos parâmetros da tabela de vida. O tempo médio da geração foi mais longo e a taxa líquida de reprodução maior no tratamento com *D. citri*. *Ceraeochrysa cincta* se destaca entre as espécies de crisopídeos e tem potencial para ser usada como agente de controle biológico de *D. citri* por estar presente nos pomares de citros, mesmo onde se utilizam inseticidas intensivamente, e por se desenvolver predando a praga chave da citricultura mundial.

Palavras chave: Controle Biológico; Inimigos Naturais; Inseticidas

Abstract

Lacewings are predators of agricultural pests and occur naturally in citrus orchards. Knowing the species present in pest management systems in one of the main *Citrus* producing regions of the world is important for species preservation and for biological control. The goals of this work were to study: 1) the diversity and abundance of lacewing adults in the organic and conventional system of management of citrus pests located in three municipalities of São Paulo state, Brazil between 11/2015 and 06/2017. 2) evaluate the development and reproduction of the

most abundant lacewing in citrus orchard, *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae), preying nymphs of the world citrus pest, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). It was not observed a significant influence of citrus pest management systems on the abundance and diversity of the lacewing species present in the citrus plants, and the most collected species was *C. cincta*, more than 60% of all material. *Ceraeochrysa cincta* was also able to develop and reproduce predating *D. citri*. The larvae that preyed *D. citri* nymphs had the longest larval stage, lighter pupal weight and females lived longer than those individuals which preyed eggs of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae). Significant differences were also observed in the life table parameters. The mean generation time and the net reproduction rate were longer and higher, respectively, in the *D. citri* treatment. *Ceraeochrysa cincta* stands out among the species of lacewings and has potential to be used in future studies of biological control of *D. citri* because it is present in citrus orchards, even where they use intensive chemical control, and to develop predating the key citrus pest world.

Keywords: Biological Control; Natural Enemies; Insecticides

2.1. Introdução

No início do século 21, a citricultura brasileira se deparou com as primeiras plantas com sintomas da principal doença dos citros, Huanglongbing (HLB), associadas às bactérias “*Candidatus liberibacter asiaticus*” e “*Candidatus liberibacter americanus*”, que são transmitidas às plantas pelo inseto vetor *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (Teixeira et al. 2005, Grafton-Cardwell et al. 2013). Desde então, a doença se espalhou rapidamente e o uso de inseticidas para reduzir a densidade populacional do inseto vetor nessas áreas aumentou consideravelmente, sistema de manejo definido como manejo convencional (Belasque et al. 2010, Craig et al. 2018). Os inseticidas podem ser utilizados de forma preventiva, em calendários pré-estabelecidos, ou pelo monitoramento da densidade populacional da praga, principalmente, utilizando armadilhas adesivas amarelas. Como ainda não existe nível de controle de *D. citri* no Brasil, geralmente, o controle é feito quando encontrado um inseto/armadilha. Diversos inseticidas pertencentes aos vários grupos químicos são registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para uso no manejo convencional de pragas no Brasil, os principais são dos grupos químicos neonicotinoides, piretroides

e organofosforados, e podem ser utilizados em pulverizações foliares, tratorizadas ou aéreas, e/ou via “drench” (Belasque et al. 2010).

Outro sistema de manejo de pragas é o orgânico, que visa reduzir a densidade populacional da praga com táticas e métodos mais sustentáveis e, principalmente, de origem biológica como os inimigos naturais. Um dos principais inimigos naturais relatados nos pomares de citros são os crisopídeos (Freitas e Penny 2001). Esses insetos, geralmente, são predadores somente na fase larval e são importantes por serem generalistas, alimentando-se de várias espécies e estágio de desenvolvimento das pragas e são vorazes, necessitando de centenas de presas para completar o ciclo biológico (Stewart et al. 2002, Hassanpour et al. 2011). Recentemente, estudos têm apontado alguns crisopídeos com potencial para controle de *D. citri* por serem capazes de predação, desenvolver e reproduzir alimentando-se da praga (Palomares-Pérez et al. 2016, Jose-Pablo et al. 2017). No Brasil, foram relatadas várias espécies de crisopídeos nos pomares de citros, mas, pouco se conhece sobre as que ocorrem nos pomares em São Paulo, maior centro citrícola do Brasil e um dos maiores do mundo (Freitas e Penny 2001, Souza e Carvalho 2002).

O sistema de manejo de pragas pode influenciar na diversidade dos crisopídeos devido a sensibilidade que algumas espécies apresentam para alguns inseticidas (Schuster e Stansly 2000). A abundância da espécie pode indicar o quão ela está adaptada ao sistema de manejo (Pathan et al. 2008, Puech et al. 2014). As espécies mais relatadas pertencem ao gênero *Ceraeochrysa*, tais como *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) e *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) (Rugno et al. 2015, 2016). Essas espécies estão amplamente distribuídas pela América, sendo relatadas desde a América do sul até a América do norte (Tauber et al. 2000a). As larvas têm o hábito de carregar o resto de suas presas sobre o dorso, sendo conhecidas popularmente por bicho-lixeiro (López-Arroyo et al. 1999, Tauber et al. 2000a). Este comportamento lhes proporciona barreira física aos inseticidas pulverizados sobre seu dorso, sendo mais tolerante que as espécies sem o mesmo comportamento (Schuster e Stansly 2000). Outro gênero importante é *Chrysoperla*, sendo que, algumas espécies pertencentes a esse gênero são as mais estudadas e comercializadas para o controle biológico de

pragas agrícolas (Tauber et al. 2000b). Ao contrário das espécies que carregam lixo, as larvas de *Chrysoperla* são desprovidas do comportamento de carregar o resto de suas presas (Tauber et al. 2014).

Como a sensibilidade aos inseticidas varia entre espécies de crisopídeos, uma possível questão é se o sistema de manejo orgânico e convencional de pragas dos citros influenciam na diversidade e abundância das espécies que ocorrem naturalmente. Outra questão é se a espécie predominante tem capacidade de predação *D. citri*, assim como, desenvolver, reproduzir e aumentar sua população. Visando esclarecer essas questões, objetivou-se estudar a diversidade e abundância das espécies de crisopídeos no sistema orgânico e convencional de pragas dos citros e o desenvolvimento e parâmetros reprodutivos da espécie de crisopídeo mais abundante nos pomares de citros.

2.2. Material e métodos

2.2.1. Coletas de crisopídeos em pomares de citros com manejo orgânico e convencional de pragas

Foram realizadas coletadas de crisopídeos mensalmente de novembro de 2015 a junho de 2017, nos dois sistemas de manejos em três municípios: Analândia orgânico (22° 12'21" S, 47° 43'17" W), Analândia convencional (22° 07'33" S, 47° 45'00" W), Itápolis orgânico (21° 29'56" S, 48° 59'29" W), Itápolis convencional (21° 31'33" S, 48° 55'04" W), Mogi Mirim orgânico (22° 32'47" S, 47° 01'04" W), Mogi Mirim convencional (22° 33'13" S, 47° 00'29" W). A distância do pomar orgânico e convencional no mesmo município foi menor que 10 km entre eles. Os pomares selecionados em cada propriedade foram da variedade laranja doce Valência, exceto em Mogi Mirim, no qual o pomar orgânico foi constituído da variedade de lima ácida Tahiti. A idade variou entre 8 e 10 anos e a densidade de plantas em cada pomar variou de 1.500 a 2.000 plantas. Nas propriedades convencionais, a única cultura presente foi citros, enquanto que, em Mogi Mirim orgânico foi somente lima ácida e em Analândia orgânico e Itápolis orgânico, além de laranja, havia também manga, goiaba e cana de açúcar.

Nas propriedades com sistema de manejo convencional, o controle de pragas foi feito exclusivamente com o uso de inseticidas sintéticos. A frequência das

aplicações foi distinta nas três propriedades. Em Analândia convencional o uso de inseticidas foi mais intenso, com 24 aplicações foliares anuais, seguida de Mogi Mirim convencional com 15 aplicações foliares e Itápolis convencional com 12 aplicações foliares. Nessas propriedades foram utilizados inseticidas dos grupos químicos dos neonicotinoides, piretroides e organofosforados, mas, não relatado pelos citricultores quais princípios ativos realmente foram utilizados. Todas as pulverizações foram feitas por calendário pré-estabelecidos, sem monitorar a densidade populacional das pragas.

Nas propriedades com manejo orgânico não houve uso de inseticidas. Em todas as propriedades foram utilizadas aplicações de calda sulfocálcica, com frequência de aplicação de 12 anuais em Analândia e Mogi Mirim e 8 em Itápolis.

Os adultos dos crisopídeos foram coletados com rede entomológica. Para facilitar a captura dos indivíduos, os ramos das plantas foram agitados com um bastão de madeira de um metro e meio e os adultos que voavam eram capturadas com a rede e transferidos para tubos eppendorf contendo álcool absoluto. As amostragens foram feitas no período da manhã durante 30 minutos e, quando coletado um adulto, o cronômetro era pausado e iniciado novamente após o espécime ser acondicionado em álcool. As coletas foram feitas em plantas aleatórias dentro dos pomares abrangendo toda a área. Ovos e larvas dos crisopídeos que eram encontrados por acaso nas plantas de citros foram coletados e criados em laboratório até atingir a fase adulta para identificação das espécies.

Os espécimes coletados foram levados até o laboratório de Manejo Integrado de Pragas da ESALQ/USP. As espécies foram identificadas pelas características morfológicas com o auxílio de microscópio estereoscópico (Freitas e Penny 2001). Os espécimes que não foram identificados foram considerados como espécies não identificadas.

2.2.2. Criação de *Ceraeochrysa cincta*

A espécie *C. cincta* foi escolhida para o estudo de biologia, pois, foi a espécie mais coletada nos pomares de citros. A criação de *C. cincta* foi iniciada com adultos coletados em plantas de citros nas mesmas áreas utilizadas para o estudo de diversidade. No laboratório essas populações foram misturadas com o objetivo de

obter maior variabilidade genética e foram mantidas em gaiolas de PVC (10 cm diâmetro × 20 cm altura). Os ovos depositados por esses adultos foram retirados diariamente e individualizados em tubos de bioensaio (2,5 cm diâmetro × 8 cm altura). Após a eclosão das larvas, as mesmas foram mantidas nesses tubos e alimentadas *ad libitum* com ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) armazenados em congelador. Todos os estágios de *C. cincta* foram mantidos em sala climatizada com temperatura de 25 °C ± 2, UR de 70% ± 10 e fotoperíodo de 14 L:10 D. A segunda geração de laboratório de *C. cincta* foi utilizada nos estudos de biologia.

2.2.3. Características biológicas de *Ceraeochrysa cincta* predando *Diaphorina citri*

Para a realização do bioensaio das características biológicas foram utilizadas 10 larvas de primeiro ínstar de *C. cincta* com no máximo 24 h de idade e em jejum. As larvas foram colocadas em tubos de vidro (2,5 cm diâmetro × 8,5 cm de altura) e utilizados dois tratamentos, um oferecendo somente ninfas de *D. citri* e outro somente ovos de *E. kuehniella*. Cerca de 50 ninfas de *D. citri*, com diferentes estádios de desenvolvimento (primeiro a quarto ínstar), e cerca de 500 ovos de *E. kuehniella* foram oferecidos diariamente para a larva do predador, quantidades estabelecidas por testes preliminares. Os alimentos foram oferecidos até as larvas atingirem o estágio pupal. Após a emergência, os adultos foram identificados por sexo e formados casais por tratamento, mantidos em gaiolas de PVC de 10 cm diâmetro × 10 cm de altura. Os adultos foram alimentados com levedura de cerveja e mel, proporção 1:1, pincelados em algodão de 4 cm² e umedecidos com água destilada até o ponto de máxima absorção do material e trocados diariamente. As gaiolas dos adultos foram trocadas diariamente e os ovos contidos nelas foram contados para estabelecer a fecundidade. Foram realizadas quatro repetições do bioensaio e formados oito casais por tratamento.

As avaliações foram realizadas a cada 24 h até a morte dos indivíduos. Foi avaliado a duração e viabilidade dos estágios imaturos, peso das pupas, razão sexual, período de pré-oviposição, fecundidade, viabilidade dos ovos das fêmeas e longevidade dos adultos. A viabilidade dos ovos foi calculada com a proporção de

ovos iniciais e de larvas finais. Para isso, 100 ovos foram coletados por tratamento, ovos de todos os casais, individualizados em placas de Elisa de 96 poços, que foram tapadas com fita adesiva transparente para não haver possibilidade da larva eclodida mudar de poço e predação os indivíduos vizinhos. Para a comparação do peso das pupas, elas foram pesadas em balança de precisão. A duração dos estágios imaturos foi considerada do início do estágio até o dia que mudou de estágio. A viabilidade da fase imatura foi calculada pela quantidade inicial de indivíduos em cada estágio e a quantidade final. A razão sexual foi determinada pela proporção de fêmeas do total de indivíduos [n° fêmea/(n° fêmea + macho)]. O período de pré-oviposição foi considerado a partir da emergência das fêmeas até a primeira postura.

2.2.4. Análises estatísticas

Na primeira parte do trabalho, referente às coletas de campo, verificou-se o número de indivíduos coletados foi diferente entre os tratamentos utilizando um modelo GLM com distribuição quasipoisson. A diversidade média foi comparada entre o sistema orgânico e o convencional, utilizando o teste t-student para amostras independentes ($p < 0,05$).

Os parâmetros biológicos de *C. cincta* foram analisados pelos modelos gerais linearizados (GLM) (Nelder e Wedderburn 1972) do tipo binomial para a viabilidade, razão sexual e viabilidade dos ovos das fêmeas e do tipo Poisson para duração, longevidade e fecundidade. Os dados foram avaliados usando um gráfico de meia-normal com envelope simulado (Hinde e Demétrio 1998).

Com os dados da duração do ciclo ovo-adulto, viabilidade ovo-adulto, período de pré-oviposição, razão sexual, longevidade e viabilidade dos ovos das fêmeas foram estimados os parâmetros da tabela de vida: taxa líquida de reprodução (R_0), taxa intrínseca de crescimento (r_m), tempo médio entre gerações (T) e tempo de duplicação da população (T_d). Estes parâmetros foram comparados pela análise de bootstrap (Meyer et al. 1986). Todas as análises foram realizadas no programa estatístico R (R Core Team 2017).

2.3. Resultados

Não houve diferenças significativas na abundância ($F = 0,97$; $GI = 273, 279$; $P = 0,43$) e diversidade dos crisopídeos entre os sistemas de manejo orgânico e convencional de pragas dos citros ($t = -0,22$; $GI = 3, 70$; $P = 0,83$). As espécies coletadas e identificadas foram: *C. cincta*, *C. cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás), *Chrysoperla externa* (Hagen), *Chrysoperla defreitasi* Brooks e *Leucochrysa cruentata* (Schneider), todas da ordem Neuroptera e família Chrysopidae (Figura 1). *Ceraeochrysa cincta* foi a espécie com mais indivíduos coletados, mais de 60% do total, e, também, está presente nos pomares durante o ano inteiro (Figura 2). *Chrysoperla externa* foi a segunda espécie mais coletada (14%) e esteve presente em todos os pomares, mas com baixa abundância. As espécies *C. cubana* e *C. defreitasi* foram coletadas em quase todas as áreas de citros, exceto na área orgânica em Mogi Mirim. A espécie *C. paraguaria* foi coletada somente nas áreas no município de Itápolis. Devido à dificuldade de identificação de alguns espécimes, utilizando-se as características morfológicas, cerca de 9% do material coletado não teve sua identificação determinada.

Figura 1. Espécies de crisopídeos e número de indivíduos coletadas em plantas de citros com manejo orgânico e convencional de pragas, nas regiões: A = Analândia, B = Itápolis, C = Mogi Mirim.

Figura 2. Número de indivíduos das espécies *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria*, *Chrysoperla externa*, *Chrysoperla defreitasi*, *Leucochrysa cruentata* e espécies não identificadas coletadas entre novembro/2015 a junho/2017 em pomares de citros com manejo orgânico e convencional de pragas localizados nos municípios de Analândia, Itápolis e Mogi Mirim, São Paulo, Brasil.

O tipo de presa não influenciou a sobrevivência dos estágios imaturos no bioensaio de desenvolvimento de *C. cincta*, mas, foi observado diferença significativa na duração do desenvolvimento larval, peso pupal, longevidade das fêmeas e fecundidade (Tabela 1 e 2). Larvas de *C. cincta* que predaram ninfas de *D. citri* tiveram o período larval mais longo, pupas mais leves, maior longevidade das fêmeas e maior fecundidade (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Viabilidade (%) ($\pm$ EP) e desenvolvimento (dias) ($\pm$ EP) dos estágios imaturos de *Ceraeochrysa cincta* alimentando-se de *Diaphorina citri* ou *Ephestia kuehniella* em condições de laboratório.

Tratamento	Viabilidade		Duração	
	Larvas	Pupas	Larvas	Pupas
<i>Diaphorina citri</i>	85,00 $\pm$ 3,61 a	76,47 $\pm$ 4,30 a	17,11 $\pm$ 1,77 a	13,8 $\pm$ 0,70 a
<i>Ephestia kuehniella</i>	82,50 $\pm$ 3,84 a	72,72 $\pm$ 4,52 a	12,42 $\pm$ 0,79 b	12,33 $\pm$ 0,48 a
<i>F</i>	7	0,7288	7,44	2,697
<i>GI</i>	1, 78	1, 65	1, 65	1, 47
<i>P</i>	0,7647	0,7288	<0,001	0,007

Médias seguida pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente $P < 0,05$.

Tabela 2. Parâmetros ($\pm$ EP) reprodutivos dos adultos de *Ceraeochrysa cincta* que foram alimentadas com *Diaphorina citri* ou *Ephestia kuehniella* no estágio larval em condições de laboratório.

Tratamento	Peso de pupa (mg)	Longevidade fêmea (Dias)	Longevidade macho (Dias)	Pré-oviposição (Dias)	Fecundidade (Total)	Viabilidade ovos (%)
<i>Diaphorina citri</i>	6,50 $\pm$ 1,26 b	46,00 $\pm$ 5,37 a	48,12 $\pm$ 25,88 a	16,00 $\pm$ 1,77 a	246 $\pm$ 43,04 a	86,38 $\pm$ 1,54 a
<i>Ephestia kuehniella</i>	9,40 $\pm$ 1,72 a	36,62 $\pm$ 6,59 b	51,62 $\pm$ 27,92 a	15,37 $\pm$ 0,91 a	149,50 $\pm$ 15,73 b	85,45 $\pm$ 1,32 a
<i>F</i>	0,01659	2,9652	96,19	1,7364	3,46	4,14
<i>Gl</i>	1, 57	1, 13	1, 13	1, 14	1, 14	1, 14
<i>P</i>	<0,001	0,058	0,105	0,373	<0,001	0,15

Médias seguida pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente $P < 0,05$.

Foi observada diferença significativa nos parâmetros da tabela de vida entre os tratamentos com *D. citri* e *E. kuehniella* (Tabela 3). A taxa líquida de reprodução (R_0) foi mais alta quando as larvas de *C. cincta* alimentaram-se de *D. citri* e o tempo médio entre gerações (T) foi mais longo (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros da tabela de vida ($\pm$ EP) de *Ceraeochrysa cincta* predando *Diaphorina citri* ou *Ephestia kuehniella* em condições de laboratório.

Tratamento	Parâmetros demográficos			
	Taxa líquida de reprodução (R_0)	Tempo médio entre gerações (T) (dias)	Tempo de duplicação da população (T_d) (dias)	Taxa intrínseca de crescimento (r_m)
<i>Diaphorina citri</i>	39,67 $\pm$ 11,13 a	68,21 $\pm$ 3,62 a	12,84 $\pm$ 0,89 a	0,05 $\pm$ 0,01 a
<i>Ephestia kuehniella</i>	21,91 $\pm$ 8,50 b	53,71 $\pm$ 3,21 b	12,06 $\pm$ 1,10 a	0,05 $\pm$ 0,01 a

Dados seguidos pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pela análise bootstrap (10.000 repetições).

2.4. Discussão

Os efeitos positivos e negativos dos sistemas de manejo sobre os inimigos naturais presentes no campo são amplamente divulgados no meio científico. Usualmente, o manejo orgânico de pragas é relacionado com o aumento da diversidade de espécies presente no campo e com um maior equilíbrio biológico (Landis et al. 2000, Letourneau e Goldstein 2001, Bengtsson et al. 2005, Hole et al. 2005, Letourneau e Bothwell 2008, Crowder et al. 2010, Puech et al. 2014). No manejo convencional, o uso dos inseticidas é um dos principais fatores relacionados com a redução no número de espécies encontradas e menor diversidade (Östman et al. 2001, Regan et al. 2017). Nesse estudo, realizado no maior centro citrícola do Brasil e um dos maiores no mundo, os dois sistemas de manejo apresentaram diversidade e abundância de crisopídeos semelhantes, mesmo em áreas onde o controle químico de *D. citri* é realizado de forma intensiva, sugerindo que os crisopídeos estão sendo poucos influenciados pelo sistema de manejo.

Ceraeochrysa cincta se destaca por ter sido a espécie mais coletada nas áreas utilizadas nesse estudo, representando 63% de todo os adultos coletados, independente do sistema de manejo. Os adultos por não serem predadores, procuram as plantas para alimentar de pólen e néctar e, também, para deixar suas proles, depositando ovos em suas folhas (Tauber et al. 2000a, Freitas e Penny 2001). O uso das plantas de citros para essa espécie se reproduzir foi observado no presente estudo, pois, os ovos e larvas encontrados e coletados nesses pomares foram da espécie *C. cincta*. Essa espécie, além de ser abundante, está presente nos pomares de citros durante o ano inteiro, fornecendo proteção à cultura ao ataque de diferentes tipos de pragas devido serem predadores generalistas, alimentando-se de ácaros nos meses mais secos do ano e de pulgões e *D. citri* nos meses mais chuvosos, período em que há mais brotações novas (Wilson et al. 1998, Zhu et al. 2005, Qureshi e Stansly 2009).

Outras espécies coletadas, mas em menor número, foram *C. cubana* e *C. defreitasi*. Os sistemas de manejo orgânico e convencional de pragas dos citros não influenciam ambas as espécies, no entanto, essas só foram coletadas nas áreas de laranjeira Valência. A espécie *C. cubana* foi relatada ocorrendo em plantas de

laranja e é considerada importante para a cultura por, além de preda as pragas, ser tolerante a alguns inseticidas. Em relação a *C. defreitasi*, é o primeiro registro na cultura, mas, foi relatada ocorrendo em outras culturas como seringueira (Freitas e Penny 2001, Rugno et al. 2015, Oliveira et al. 2016). A variedade lima ácida Tahiti, provavelmente não seja atrativa para ambas as espécies, pois, não foram coletadas na área, mas estavam presentes no pomar convencional da variedade Valência, localizada poucos quilômetros de distância da área de lima ácida orgânica. *Ceraeochrysa paraguaria* também esteve presente em ambos os sistemas de manejo, no entanto, essa espécie foi coletada somente na região de Itápolis. O clima mais quente de Itápolis pode ter influência na presença da espécie, pois, seus relatos são pertencentes a essa região, como Taquaritinga e Jaboticabal e não há desenvolvimento das fases imaturas em temperaturas baixas, próximas a 15°C (Freitas e Penny 2001, Pessoa et al. 2009).

Chrysoperla externa foi coletada tanto no sistema de manejo orgânico e convencional, mas sua abundância foi baixa em ambos. Foi observado adultos de *C. externa* migrando das gramíneas para as plantas de citros ao caminhar entre as linhas da cultura no momento das coletas. As gramíneas podem servir de hospedeiro fornecendo para os adultos pólen e néctar para sua alimentação, além de servir como hospedeira para a fase jovem (Porcel et al. 2017). Dos ovos e larvas de crisopídeos encontradas nas plantas de citros nenhum correspondeu à espécie *C. externa*, podendo ser a cobertura vegetal das entre linhas das plantas de citros preferida da espécie.

Ceraeochrysa cincta, além de ser a espécie de crisopídeo mais coletada em plantas de citros, tem capacidade de desenvolver predando *D. citri*. Esse resultado é importante para programas de controle biológico de *D. citri*, apesar de ser *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) o principal inimigo natural utilizado para controlar a densidade populacional da praga (Qureshi et al. 2009, Gómez-Torres et al. 2012). No entanto, esse parasitoide é sensível aos inseticidas e, por esse motivo, é pouco utilizado em áreas com manejo convencional, sendo *C. cincta* uma possível alternativa para o controle biológico, principalmente em áreas que adotam o controle convencional, como é o caso da maioria dos produtores de citros no estado de São Paulo (Belasque et al. 2010, Beloti et al. 2015). Os crisopídeos se destacam no controle biológico por alimentarem-se de centenas de indivíduos para

completar o ciclo ovo-adulto, como observado nos estudos realizados com *Ceraeochrysa valida* (Banks) (Neuroptera: Chrysopidae), nos quais foi demonstrado que essa espécie não somente se desenvolve, mas também predam centenas de ninfas de *D. citri* em laboratório (Palomares-Pérez et al. 2016, Jose-Pablo et al. 2017).

No presente trabalho, larvas de *C. cincta* que foram alimentadas com ninfas de *D. citri* precisaram de mais tempo para desenvolver, fato que pode ser importante para o controle biológico devido as larvas serem o único estágio predador do crisopídeo. No entanto, esse efeito pode ser devido a diferenças nutricionais das presas, onde um desenvolvimento mais lento geralmente está relacionado com menor qualidade nutricional (Awmack e Leather 2002). Isso pode ser explicado pelo menor peso pupal de *C. cincta* quando alimentado com ninfas de *D. citri*. O tamanho do corpo do inseto geralmente está relacionado com maior fecundidade (Honěk 1993), mas as fêmeas no tratamento *D. citri* depositaram maior número de ovos. Esta maior fecundidade está relacionada com a maior longevidade das fêmeas, pois, as fêmeas quando alimentada com *D. citri* sobreviveram, em média, 10 dias mais que as fêmeas alimentadas com *E. kuehniella*.

Essas diferenças encontradas no desenvolvimento e reprodução de *C. cincta* refletiram nos parâmetros da tabela de vida. O tempo médio da geração foi mais longo no tratamento *D. citri* devido, principalmente, o tempo de desenvolvimento larval. Em relação ao R_0 , a taxa de sobrevivência e a fecundidade diária das fêmeas contribuíram para esse parâmetro ser mais alto em relação ao tratamento *E. kuehniella*. Mesmo a geração sendo mais longa, o crescimento populacional de *C. cincta* foi maior quando as larvas se alimentam de *D. citri*. Em uma criação de laboratório é importante saber os efeitos das presas sobre o crescimento populacional do inimigo natural para uma melhor manipulação da população.

Os inseticidas ainda são a principal ferramenta utilizada em programas de controle do vetor do HLB, mas estudos demonstraram a redução da população de *D. citri* com liberação de crisopídeos, como foi observado com a espécie de crisopídeo *C. valida* (Palomares-Pérez et al. 2016). No estado de São Paulo, o sistema de manejo das pragas não tem influência sobre a abundância e diversidade dos

crisopídeos e a espécie mais presente nos pomares de citros foi *C. cincta*, apresentando potencial de uso até mesmo em áreas com uso intenso de inseticidas. *Ceraeochrysa cincta* também se desenvolve e se reproduz predando *D. citri* em laboratório, sendo uma espécie com potencial para futuro trabalhos de controle biológico de *D. citri*, afim de alternativas de controle da praga chave na tentativa de reduzir a dependência do uso do controle químico.

REFERÊNCIAS

- Awmack, C. S., e S. R. Leather. 2002.** Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annu. Rev. Entomol.* 47: 817–844.
- Belasque, J., R. B. Bassanezi, P. T. Yamamoto, A. J. Ayres, A. Tachibana, A. R. Violante, A. T. Jr, F. Di Giorgi, F. E. A. Tersi, G. M. Menezes, J. Dragone, R. H. J. Jr, e J. M. Bové. 2010.** Lessons from Huanglongbing management in São Paulo state, Brazil. *J. Plant Pathol.* 92: 285–302.
- Beloti, V. H., G. R. Alves, D. F. D. Araújo, M. M. Picoli, R. de A. Moral, C. G. B. Demétrio, e P. T. Yamamoto. 2015.** Lethal and sublethal effects of insecticides used on citrus, on the ectoparasitoid *Tamarixia radiata*. *PLoS One.* 10: e0132128.
- Bengtsson, J., J. Ahnstrom, e A.-C. Weibull. 2005.** The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: A meta-analysis. *J. Appl. Ecol.* 42: 261–269.
- Teixeira, D. C., C. Saillard, S. Eveillard, J. L. Danet, P. I. da Costa, A. J. Ayres, e J. Bové. 2005.** “*Candidatus Liberibacter americanus*”, associated with citrus Huanglongbing (greening disease) in São Paulo state, Brazil. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 55: 1857–1862.
- Craig, A. P., N. J. Cunniffe, M. Parry, F. F. Laranjeira, e C. A. Gilligan. 2018.** Grower and regulator conflict in management of the citrus disease Huanglongbing in Brazil: A modelling study. *J. Appl. Ecol.* 55: 1956–1965.
- Crowder, D. W., T. D. Northfield, M. R. Strand, e W. E. Snyder. 2010.** Organic agriculture promotes evenness and natural pest control. *Nature* 466: 109–112.
- Freitas, S., e N. D. Penny. 2001.** The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agro-ecosystems. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 52: 245–395.
- Gómez-Torres, M. L., D. E. Nava, e J. R. P. Parra. 2012.** Life table of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) at different temperatures. *J. Econ. Entomol.* 105: 338–343.

- Grafton-Cardwell, E. E., L. L. Stelinski, e P. A. Stansly. 2013.** Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the Huanglongbing pathogens. *Annu. Rev. Entomol.* 58: 413–432.
- Hassanpour, M., J. Mohaghegh, S. Iranipour, G. Nouri-Ganbalani, e A. Enkegaard. 2011.** Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) to *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): Effect of prey and predator stages. *Insect Sci.* 18: 217–224.
- Hinde, J., e C. G. B. Demétrio. 1998.** Overdispersion: Models and estimation. *Comput. Stat. Data Anal.* 27: 151–170.
- Hole, D. G., A. J. Perkins, J. D. Wilson, I. H. Alexander, P. V. Grice, e A. D. Evans. 2005.** Does organic farming benefit biodiversity? *Biol. Conserv.* 122: 113–130.
- Honěk, A. 1993.** Intraspecific variation in body size and fecundity in insects: A general relationship. *Oikos* 66: 483–492.
- Jose-Pablo, R., J. A. Villanueva-Jiménez, M. de la C. Vargas-Mendoza, e A. Huerta-de-la-Peña. 2017.** Life cycle and larval predation by *Ceraeochrysa valida* (Banks) on nymphs of *Diaphorina citri* Kuwayama. *Southwest. Entomol.* 42: 61–72.
- Landis, D. A., S. D. Wratten, e G. M. Gurr. 2000.** Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu. Rev. Entomol.* 45: 175–201.
- Letourneau, D. K., e B. Goldstein. 2001.** Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. *J. Appl. Ecol.* 38: 557–570.
- Letourneau, D. K., e S. G. Bothwell. 2008.** Comparison of organic and conventional farms: challenging ecologists to make biodiversity functional. *Front. Ecol. Environ.* 6: 430–438.
- López-Arroyo, J. I., C. A. Tauber, e M. J. Tauber. 1999.** Effects of prey on survival, development, and reproduction of trash-carrying chrysopids (Neuroptera: *Ceraeochrysa*). *Environ. Entomol.* 28: 1183–1188.

- Meyer, J. S., C. G. Ingersoll, L. L. McDonald, e M. S. Boyce. 1986.** Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. Bootstrap techniques. *Ecology* 67: 1156–1166.
- Nelder, A. J. A., e R. W. M. Wedderburn. 1972.** Generalized linear models. *J. R. Stat. Soc.* 135: 370–384.
- Oliveira, R. de, V. D. O. Barbosa, D. L. Vieira, F. Q. de Oliveira, J. D. L. Batista, e C. H. de Brito. 2016.** Capacidade predatória de *Ceraeochrysa cubana* sobre *Aleurocanthus woglumi*. *Semin. Ciências Agrárias* 37: 17.
- Östman, Ö., B. Ekbom, e J. Bengtsson. 2001.** Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control. *Basic Appl. Ecol.* 2: 365–371.
- Palomares-Pérez, M., M. A. Ayala-Zermeño, B. Rodríguez-Vélez, J. de J. de la Cruz-Llanas, J. A. Sánchez-González, H. C. Arredondo-Bernal, e E. G. Córdoba-Urtiz. 2016.** Abundancia y depredación de *Ceraeochrysa valida* (Neuroptera: Chrysopidae) sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en Colima, México. *Chil. J. Agric. Anim. Sci.* 32: 0–0.
- Pathan, A. K., A. H. Sayyed, M. Aslam, M. Razaq, G. Jilani, e M. A. Saleem. 2008.** Evidence of field-evolved resistance to organophosphates and pyrethroids in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Econ. Entomol.* 101: 1676–1684.
- Pessoa, L. G. A., S. De Freitas, E. De, e S. Loureiro. 2009.** Efeito da variação da temperatura sobre o desenvolvimento embrionário e pós-embrionário de *Chrysoperla raimundoi* Freitas & Penny (Neuroptera: Chrysopidae). *Arq. Inst. Biol.* 76: 239–244.
- Porcel, M., B. Cotes, J. Castro, e M. Campos. 2017.** The effect of resident vegetation cover on abundance and diversity of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) on olive trees. *J. Pest Sci.* 90: 195–206.
- Puech, C., J. Baudry, A. Joannon, S. Poggi, e S. Aviron. 2014.** Organic vs. conventional farming dichotomy: Does it make sense for natural enemies? *Agric. Ecosyst. Environ.* 194: 48–57.

Qureshi, J. A., M. E. Rogers, D. G. Hall, e P. A. Stansly. 2009. Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. J. Econ. Entomol. 102: 247–256.

Qureshi, J. A., e P. A. Stansly. 2009. Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida citrus. Biol. Control. 50: 129–136.

R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Regan, K., D. Ordosch, K. D. Glover, K. J. Tilmon, e A. Szczepaniec. 2017. Effects of a pyrethroid and two neonicotinoid insecticides on population dynamics of key pests of soybean and abundance of their natural enemies. Crop Prot. 98: 24–32.

Rugno, G. R., O. Z. Zanardi, e P. T. Yamamoto. 2015. Are the pupae and eggs of the lacewing *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae) tolerant to insecticides? J. Econ. Entomol. 108: 2630–2639.

Rugno, G. R., O. Z. Zanardi, J. Bajonero Cuervo, M. R. de Moraes, e P. T. Yamamoto. 2016. Impact of insect growth regulators on the predator *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). Ecotoxicology 25: 940–949.

Schuster, D. J., e P. A. Stansly. 2000. Response of two lacewing species to biorational and broad-spectrum insecticides. Phytoparasitica 28: 297–304.

Souza, B., e C. F. de Carvalho. 2002. Population dynamics and seasonal occurrence of adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in a citrus orchard in the Southern Brazil. Acta Zool. Acad. Sci. Hungaricae 48: 301–310.

Stewart, C. D., S. K. Braman, e A. F. Pendley. 2002. Functional response of the azalea plant bug (Heteroptera: Miridae) and a green lacewing *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae), two predators of the azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae). Environ. Entomol. 31: 1184–1190.

Tauber, C. A., T. De León, N. D. Penny, e M. J. Tauber. 2000a. The genus *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) of America North of Mexico: Larvae, adults, and comparative biology. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93: 1195–1221.

Tauber, M. J., C. A. Tauber, K. M. Daane, e K. S. Hagen. 2000b. Commercialization of predators: Recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: Chrosoperla). *Am. Entomol.* 46: 26–38.

Tauber, C. A., M. J. Tauber, e G. S. Albuquerque. 2014. Debris-carrying in larval Chrysopidae: Unraveling its evolutionary history. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 107: 295–314.

Wilson, L. J., L. R. Bauer, e D. A. Lally. 1998. Effect of early season insecticide use on predators and outbreaks of spider mites (Acari: Tetranychidae) in cotton. *Bull. Entomol. Res.* 88: 477.

Zhu, J., J. J. Obrycki, S. A. Ochieng, T. C. Baker, J. A. Pickett, e D. Smiley. 2005. Attraction of two lacewing species to volatiles produced by host plants and aphid prey. *Naturwissenschaften* 92: 277–281.

3. INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS DE MANEJO DE PRAGAS NA TOLERÂNCIA DE CRISÓPÍDEOS (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) A INSETICIDAS

Resumo

Os crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) fazem parte da fauna benéfica encontrada em pomares de citros sob manejo orgânico e convencional de pragas. Devido à sua importância, o conhecimento sobre a susceptibilidade desses predadores a inseticidas é um elemento chave para seu uso como agentes de controle biológico. Portanto, estudou-se a susceptibilidade inter e intraespecífica das espécies *Ceraeochrysa cincta* (Schneider), *Ceraeochrysa cubana* (Hagen), *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás) e *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) aos inseticidas bifentrina, clorpirifós e imidacloprido. Diferentes concentrações desses inseticidas foram pulverizadas sobre larvas de primeiro ínstar de diferentes populações dessas espécies de crisopídeos (três orgânicos e três convencionais). O desenvolvimento e a reprodução das populações da espécie mais comum, *C. cincta*, também foi estudado. Os crisopídeos das áreas de manejo convencional nem sempre têm maior tolerância aos inseticidas. *Chrysoperla externa* foi a espécie mais suscetível aos inseticidas. *Ceraeochrysa cincta* apresentou a maior CL₅₀ e suas populações do sistema convencional apresentaram menor eclosão de larvas e menor tempo de desenvolvimento de ovos e larvas. Os adultos oriundos de pomares convencional sobreviveram por mais tempo, exibiram maior taxa de crescimento populacional e redução do tempo de duplicação. *Ceraeochrysa cincta* foi a espécie mais tolerante aos inseticidas e sua população oriunda dos pomares com manejo convencional tiveram bom desenvolvimento em laboratório.

Palavras-chave: Chrysopidae; Pesticidas; Seletividade; Crisopídeos; Manejo Integrado de Pragas

Abstract

Lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) are part of the beneficial fauna found in citrus orchards under both organic and conventional pest management. Due to their importance, knowledge about susceptibility of these predators to insecticides is a key element for their use as biological control agents. We studied the inter- and intraspecific susceptibility of the following lacewing species to bifenthrin, chlorpyrifos, and imidacloprid: *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae), *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). Different concentrations of these insecticides were sprayed on first instar larvae of these lacewing species from six orchards (three organic and three conventional), and LC_{50s} were estimated. Development and reproduction of the most common lacewing, *C. cincta*, from both organic and conventional management systems were also studied. Lacewings from conventional management areas do not

always have greater tolerance to insecticides. *Chrysoperla externa* was the most susceptible species to insecticides. *Ceraeochrysa cincta* displayed the highest LC₅₀ and its populations from the conventional system showed lower egg hatching but shorter egg and larval developmental time. Adults collected from orchards managed conventionally lived longer, exhibited a higher population growth rate and a reduced doubling time. *Ceraeochrysa cincta* was the more tolerant species to insecticides better coping with systems that rely on chemical control as the main pest management tactic used.

Keywords: Chrysopidae; Pesticides; Selectivity; Lacewing; Integrated Pest Management

3.1. Introdução

Os crisopídeos são importantes componentes da fauna em sistemas de cultivo por serem insetos benéficos. Eles são predadores generalistas de pragas agrícolas, alimentando-se de um grande número de espécies e estágios de desenvolvimento (Khuhro et al. 2012, Oliveira et al. 2016). As larvas são predadoras, enquanto que os adultos se alimentam de pólen e néctar (Villenave et al. 2006). Esses insetos são importantes agentes de controle biológico natural das pragas por ocorrem naturalmente no campo ao longo do ano (Freitas e Penny, 2001, Souza e Carvalho, 2002), e, também, estão disponíveis comercialmente e possuem uma longa história de uso para controle biológico (Tauber et al. 2000a, Michaud 2001, Pappas et al. 2011).

As principais espécies de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) são: *Chrysoperla externa* (Hagen), *Ceraeochrysa cubana* (Hagen), *Ceraeochrysa paraguayana* (Navas) e *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Freitas e Penny 2001, Morais et al. 2006). Larvas pertencentes ao gênero *Ceraeochrysa* carregam os restos de suas presas nas costas (bicho-lixeiro), fornecendo camuflagem e também proteção física contra o estresse ambiental e aos inseticidas pulverizados (Schuster e Stansly 2000, Tauber et al. 2000b, Tauber et al. 2014).

O controle biológico é uma das principais ferramentas utilizadas nos sistemas orgânicos para manter a densidade populacional das pragas abaixo do nível de dano econômico (Zehnder et al. 2007). No entanto, o manejo convencional de pragas é predominante no estado de São Paulo, maior produtor de citros do mundo, especialmente depois do psilídeo *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:

Liviidae) se tornar praga-chave (Belasque et al. 2010). Embora muitos inseticidas sejam registrados para uso em citros, os produtos mais utilizados no Brasil pertencem aos grupos químicos dos piretroides, organofosforados e neonicotinoides, como bifentrina, clorpirifós e imidacloprido, respectivamente.

Inseticidas exercem diversos efeitos sobre pragas e inimigos naturais no campo (Regan et al. 2017). Além dos efeitos desejados (controle de pragas), eles matam seletivamente os indivíduos mais suscetíveis de uma população, deixando os indivíduos mais tolerantes que podem aumentar sua densidade no decorrer das gerações (Biondi et al. 2018). A variação na suscetibilidade aos inseticidas não ocorre somente entre espécies, mas também entre populações. Bioensaios são usados para avaliar as respostas de mortalidade a diferentes concentrações de inseticidas (Fleming et al. 2016). Características biológicas e/ou reprodutivas podem ser afetadas entre populações tolerantes e suscetíveis (Skaljac et al. 2018).

Ao contrário de seus efeitos indesejáveis sobre as pragas, a tolerância à inseticidas é uma característica desejável para os inimigos naturais (Pathan et al. 2008). A conservação de insetos benéficos pode prevenir o ressurgimento de pragas alvo ou secundárias e retardar a seleção de resistência na população de pragas (Guedes et al. 2016). Assim, objetivou-se com esse estudo comparar a suscetibilidade de *C. cincta*, *C. cubana*, *C. paraguaria* e *C. externa* oriundos de pomares cítricos orgânicos e convencionais aos inseticidas bifentrina, imidacloprido e clorpirifós, e comparar o efeito do manejo orgânico e convencional no desenvolvimento e reprodução da espécie mais tolerante.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Insetos

Populações de laboratório foram estabelecidas a partir de crisopídeos coletados em pomares de citros localizados no estado de São Paulo, Brasil. Em cada local foram coletadas amostras separadas e as áreas de amostragem foram: Analândia orgânica (22° 12'21" S, 47° 43'17" W), Analândia convencional (22° 07'33" S, 47° 45'00" W), Itápolis orgânico (21° 29'56" S, 48° 59'29" W), Itápolis convencional (21° 31'33" S, 48° 55'04" W), Mogi Mirim orgânico (22° 32'47" S, 47°

01'04" W), Mogi Mirim convencional (22° 33'13" S, 47° 00'29" W). A distância dos pomares orgânico e convencional em cada região variou de 4 a 10 km. Durante o período de estudo nenhum agrotóxico foi aplicado nos cultivos orgânicos, enquanto nas áreas de manejo convencional 24 (Analândia), 14 (Mogi Mirim) e 10 (Itápolis) foram pulverizados (piretroides, organofosforados e neonicotinoides).

As amostras acima foram coletadas uma vez por semana durante cinco semanas (de março a agosto de 2015). Os adultos foram coletados em plantas de citros com rede entomológica e transportados para o laboratório em tubos plásticos com cobertura de tela. Os indivíduos foram identificados por meio da chave de identificação taxonômica (Freitas e Penny 2001) e colocados em gaiolas de PVC com 10 cm de diâmetro × 20 cm de altura, mantidos no laboratório de Manejo Integrado de Pragas (MIP), da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) a 25 ± 2 ° C, UR de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14:10 h L: D. Os adultos foram separados por espécie e local de coleta e foram alimentados com uma dieta composta por levedura de cerveja e mel na proporção de 1: 1 e água destilada, a qual foi trocada diariamente (Rugno et al. 2015). Todos os ovos foram removidos diariamente e colocados em recipientes separados e as larvas eclodidas foram alimentadas *ad libitum* com ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (Bortoli et al. 2006). Populações dos crisopídeos foram estabelecidas a partir de um mínimo de 40 indivíduos coletados para representar melhor a população de campo, mas não foi possível estabelecer todas as populações devido ao baixo número inicial de indivíduos coletados. *Ceraeochrysa cincta* foi coletada em todas as áreas e, conseqüentemente, estabeleceu-se seis populações dessa espécie. Adicionalmente foram estabelecidos no laboratório: três populações de *C. cubana* (uma orgânica e duas convencionais), duas populações de *C. paraguayana* (uma orgânica e uma convencional) e três populações de *C. externa* (duas orgânicas e uma convencional). Todos os bioensaios foram realizados com a segunda geração de laboratório.

3.2.2. Inseticidas

Três formulações comerciais de inseticidas registradas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e recomendadas para citricultura

foram avaliadas: um organofosforado (inibidor de acetilcolinesterase), ingrediente ativo clorpirifós (Lorsban 480 BR - Dow AgroSciences Industria Ltda., São Paulo, SP, Brasil); um neonicotinoide (moduladores do receptor nicotínico de acetilcolina), ingrediente ativo imidacloprido (Provado 200 SC - Bayer SA, São Paulo, SP, Brasil); e um piretroide (modulador do canal de sódio), princípio ativo bifentrina (Talstar 100 EC - FMC Química do Brasil Ltda., Campinas, SP, Brasil).

3.2.3. Suscetibilidade intra e interespecífica de crisopídeos

As Populações e espécies de crisopídeos testadas neste bioensaio são apresentadas na tabela 1. Para testar a suscetibilidade de crisopídeos à bifentrina, clorpirifós e imidacloprido, determinou-se a toxicidade relativa usando a CL_{50} . Cinco a sete concentrações diluídas em série de cada inseticida em água destilada foram testadas. Água destilada foi usada como controle. Larvas de um dia de idade foram usadas no bioensaio devido serem consideradas as mais suscetíveis aos inseticidas (Mandour 2009). As larvas foram colocadas em grupos de 25 indivíduos por placa de Petri (9,0 cm de diâmetro × 1,5 cm de altura) (Kasvi, Paraná, Brasil), com quatro repetições, totalizando 100 indivíduos por concentração de cada inseticida. Cada grupo de larvas foi mantido em conjunto apenas para a pulverização dos inseticidas e, logo após a aplicação, os insetos foram individualizados para evitar o canibalismo. Inseticidas foram pulverizados sobre as larvas, aplicando 2 ml de cada tratamento, utilizando-se torre de Potter (Burkard Scientific, Uxbridge, Reino Unido) ajustada a uma pressão de 68,6 kPa depositando $1,86 \pm 0,10 \text{ mg cm}^{-2}$, conforme recomendado pela IOBC (Hassan et al. 1994). Após a pulverização, as larvas foram individualizadas em tubos (2,5 cm de diâmetro × 8,5 cm de altura) (Laborglas, São Paulo, Brasil) e alimentadas com ovos de *E. kuehniella*, conforme descrito acima. Os tubos com as larvas foram mantidos em sala climatizada, temperatura de $25 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14:10 h L: D. A mortalidade foi registrada após 24 h de exposição e os insetos foram considerados mortos quando incapazes de se mover ao serem tocados com um pincel.

3.2.4. Parâmetros biológicos de *Ceraeochrysa cincta*

Parâmetros de desenvolvimento e reprodutivos foram comparados entre as seis populações de *C. cincta* estabelecidas no laboratório. Para cada colônia, representando uma área de estudo, 40 ovos (24 h de idade) foram transferidos individualmente para tubos de bioensaio (2,5 cm de diâmetro × 8,5 cm de altura) (Laborglas, São Paulo, Brasil) e fechados com filme PVC. Esses indivíduos foram mantidos em sala climatizada 25 ± 2 °C, UR $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo 14:10 h L: D. Após a eclosão, ovos de *E. kuehniella* foram adicionados diariamente até que as larvas atingissem a fase de pupa. O sexo foi identificado após a emergência do adulto e dez casais por área foram formados. Cada casal foi mantido em gaiolas de PVC de 10 cm de diâmetro × 10 cm de altura contendo papel branco como substrato de oviposição e alimentado com uma dieta composta por levedura de cerveja e mel na proporção de 1: 1, umedecidos com água destilada.

Os parâmetros avaliados foram duração (dias) e sobrevivência (%) dos estágios imaturos (ovo, larva e pupa), razão sexual [$\frac{\text{♀}}{\text{♀} + \text{♂}}$], fecundidade, viabilidade dos ovos das fêmeas e longevidade de machos e fêmeas.

Com os dados de desenvolvimento de ovo-adulto, sobrevivência diária, período pré-oviposição, razão sexual, longevidade e viabilidade dos ovos das fêmeas, foram estimados os parâmetros da tabela de vida como descrito por Birch (1948). Os parâmetros calculados foram: taxa reprodutiva líquida (R_0), taxa de crescimento intrínseco (r_m), tempo médio entre gerações (T) e tempo de duplicação da população (Td).

3.2.5. Análises estatísticas

Os dados de concentração-resposta foram submetidos à análise probit (PROC PROBIT; SAS Institute 2002), e o intervalo de confiança (95%) para razões de tolerância (RT) foram estimados de acordo com (Robertson e Preisler, 1992), e considerados significativos quando não houve sobreposição.

Os parâmetros biológicos das populações de *C. cincta* foram analisados com modelos lineares generalizados (GLM) (Nelder e Wedderburn 1972); os dados para sobrevivência, razão sexual e viabilidade dos ovos das fêmeas foram através de uma distribuição quase-binomial e os dados para a duração, longevidade e fecundidade por uma distribuição quase-Poisson. A adequação para todos os

modelos foi avaliada usando um gráfico de probabilidades meio normal com um envelope de simulação (Hinde e Demétrio 1998). Quando foram encontradas diferenças significativas entre as áreas (tratamentos), a comparação múltipla (teste de Tukey HSD, $p < 0,05$) foi aplicada usando a função "glht" do pacote multcomp (Hothorn et al. 2008) com p ajustado pelo método de passo único do programa estatístico R (R Core Team 2017). Os parâmetros da tabela de vida foram comparados por análise bootstrap (Meyer et al. 1986) no programa estatístico R (R Core Team 2017).

3.3. Resultados

3.3.1. Suscetibilidade intra e interespecífica dos crisopídeos

O modelo de probit foi adequado para análises de concentração-mortalidade quando os valores de P foram $> 0,05$ (Tabela 1). As razões de tolerância (RT) foram estimadas em relação à menor CL_{50} para cada inseticida. As RTs entre populações da mesma espécie apresentaram baixas variações (< 2 vezes) e entre espécies foram maiores (de 4,04 a 259,53 vezes) (Tabela 1). A espécie *C. cincta* apresentou as maiores RTs independentemente dos inseticidas testados (Tabela 1). As RTs para o imidacloprido foram maiores para as espécies de *Ceraeochrysa* do que para *Chrysoperla* (Tabela 1).

Tabela 1. Suscetibilidade de crisopídeos a inseticidas oriundos de pomares de laranjas com manejo orgânico e convencional de pragas.

Inseticidas	Espécies	População ¹	Slope (±EP)	CL ₅₀ (95% IC) (ml/L)	RT (I.C.) ²	X ² (G.L)	P
Clorpirifós	<i>Ceraeochrysa paraguaria</i>	IC	3,31 (± 0,24)	0,02 (0,01 - 0,02)	1,00 (0,89 - 1,13)	5,52 (3)	0,15
		IO	4,25 (± 0,29)	0,02 (0,01 - 0,02)	1,05 (0,94 - 1,18)	10,30 (4)	0,04
	<i>Ceraeochrysa cincta</i>	AO	3,43 (± 0,30)	0,08 (0,06 - 0,10)	4,04 (3,49 - 4,67)	9,44 (4)	0,03
		MO	4,15 (± 0,35)	0,10 (0,09 - 0,11)	4,95 (4,36 - 5,61)	11,93 (4)	0,01
		IO	4,08 (± 0,35)	0,11 (0,07 - 0,14)	5,17 (4,56 - 5,87)	5,43 (4)	0,22
		IC	2,50 (± 0,20)	0,11 (0,07 - 0,14)	5,32 (4,92 - 6,11)	10,68 (4)	0,05
		MC	3,26 (± 0,28)	0,14 (0,11 - 0,18)	7,13 (6,22 - 8,18)	9,88 (4)	0,05
		AC	4,05 (± 0,47)	0,16 (0,11 - 0,21)	7,73 (6,76 - 8,84)	13,31 (4)	0,01
Imidacloprido	<i>Chrysoperla externa</i>	MO	2,43 (± 0,28)	0,01 (0,00 - 0,01)	1,00 (0,83 - 1,21)	8,56 (2)	0,01
		AC	2,16 (± 0,23)	0,01 (0,00 - 0,01)	1,04 (0,85 - 1,28)	4,21 (3)	0,25
		AO	1,35 (± 0,13)	0,01 (0,00 - 0,02)	1,06 (0,80 - 1,40)	16,54 (3)	0,001
	<i>Ceraeochrysa paraguaria</i>	IC	0,80 (± 0,09)	0,11 (0,07 - 0,19)	10,91 (6,66 - 17,86)	1,54 (2)	0,45
	<i>Ceraeochrysa cubana</i>	MC	1,30 (± 0,08)	0,17 (0,09 - 0,37)	16,47 (12,55 - 21,62)	15,68 (4)	0,01
		IC	1,42 (± 0,09)	0,22 (0,17 - 0,27)	20,62 (15,82 - 26,88)	5,74 (4)	0,29
	<i>Ceraeochrysa cincta</i>	IO	0,67 (± 0,06)	1,72 (1,07 - 3,00)	160,82 (95,36 - 271,22)	5,73 (3)	0,13
		MO	0,70 (± 0,06)	1,80 (1,16 - 3,02)	168,72 (103,47 - 275,13)	5,84 (3)	0,12
		IC	0,75 (± 0,06)	2,26 (0,68 - 12,28)	211,65 (128,36 - 348,98)	10,30 (3)	0,02
		AO	0,68 (± 0,05)	2,65 (0,88 - 13,00)	248,50 (149,97 - 411,75)	18,92 (4)	0,001
		MC	0,54 (± 0,05)	2,73 (0,47 - 18,50)	256,02 (133,89 - 489,55)	14,68 (3)	0,004
		AC	0,62 (± 0,06)	2,77 (1,09 - 9,63)	259,53 (172,94 - 389,47)	13,45 (4)	0,01
Bifentrina	<i>Ceraeochrysa cubana</i>	MC	2,31 (± 0,16)	1,52 (1,30 - 1,76)	1,00 (0,81 - 1,24)	7,27 (4)	0,36
		IC	2,17 (± 0,18)	2,00 (1,23 - 2,95)	1,31 (1,06 - 1,63)	19,84 (4)	0,01
		IO	2,17 (± 0,15)	2,14 (1,37 - 2,98)	1,41 (1,15 - 1,72)	18,43 (4)	0,01
	<i>Ceraeochrysa cincta</i>	IO	2,83 (± 0,32)	7,58 (5,31 - 12,35)	4,97 (4,13 - 5,97)	11,59 (3)	0,01
		MO	2,28 (± 0,23)	8,26 (7,28 - 9,58)	5,41 (4,42 - 6,61)	3,57 (3)	0,30
		MC	1,87 (± 0,22)	8,44 (7,20 - 10,38)	5,53 (4,39 - 6,97)	3,17 (3)	0,36
		IC	2,95 (± 0,27)	10,11 (9,82 - 11,43)	6,62 (5,25 - 8,36)	23,26 (3)	<0,001
		AO	17,03 (± 2,12)	10,65 (7,52 - 12,22)	6,97 (5,32 - 9,13)	31,32 (4)	<0,001
		AC	2,40 (± 0,29)	11,27 (9,73 - 13,70)	7,37 (5,90 - 9,22)	2,32 (3)	0,50

¹AC (Analândia convencional). AO (Analândia orgânico). IC (Itápolis convencional). IO (Itápolis orgânico). MC (Mogi Mirim convencional). MO (Mogi Mirim orgânico). ²Razão de tolerância (maior valor CL₅₀/menor valor CL₅₀)

3.3.2. Parâmetros biológicos de *Ceraeochrysa cincta*

A eclosão das larvas foi significativamente menor nas populações do manejo convencional de pragas de Analândia e Mogi Mirim do que em relação as outras áreas. *Ceraeochrysa cincta* de Mogi Mirim convencional também apresentou menor sobrevivência larval. Observou-se uma menor sobrevivência de pupas na população orgânica de Analândia (Tabela 2).

Tabela 2. Sobrevivência ($\pm$ EP) dos estágios imaturos de *Ceraeochrysa cincta* oriundas de sistemas de manejo orgânico e convencional de pragas dos citros.

População	Sobrevivência (%)		
	Ovo	Larva	Pupa
Analândia Convencional	70,00 $\pm$ 4,64b	92,85 $\pm$ 2,62a	96,15 $\pm$ 1,96a
Analândia Orgânico	90,00 $\pm$ 3,03a	77,77 $\pm$ 4,21ab	71,42 $\pm$ 4,60b
Itápolis Convencional	87,50 $\pm$ 3,34a	88,57 $\pm$ 3,22ab	96,77 $\pm$ 1,79a
Itápolis Orgânico	97,50 $\pm$ 1,58a	94,73 $\pm$ 2,26a	94,59 $\pm$ 2,29a
Mogi Mirim Convencional	67,50 $\pm$ 4,74b	59,25 $\pm$ 5,00b	93,75 $\pm$ 2,50a
Mogi Mirim Orgânico	82,50 $\pm$ 2,84a	85,29 $\pm$ 3,59ab	100,00 $\pm$ 0,00a
<i>F</i>	20,19	15,79	73
<i>GI</i>	5,234	5,192	5,161
<i>P</i>	<0,001	<0,001	<0,001

Média seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente (GLM com distribuição quasi-binomial, seguida do teste de Tukey; $P < 0,05$).

Encontrou-se diferenças significativas no desenvolvimento de ovos de *C. cincta* entre as populações ($F = 4,46$; $GI = 5,160$; $P < 0,001$). A população de Analândia orgânica apresentou a maior duração ($6,22 \pm 0,42$ dias) (Figura 1). A população de Analândia orgânica e Itápolis orgânica apresentou desenvolvimento

larval mais lento e o desenvolvimento larval mais rápido foi obtido para a população de Mogi Mirim convencional ($F = 3,91$; $GI = 5, 160$; $P < 0,002$) (Figura 1). Não houve diferenças significativas no desenvolvimento pupal entre as populações ($F = 2,06$; $GI = 5, 148$; $P = 0,073$). Quando o desenvolvimento do ovo-adulto foi analisado, *C. cincta* de Mogi Mirim convencional desenvolveu-se significativamente mais rápido que as demais populações estudadas ($33,93 \pm 0,59$ dias) ($F = 3,04$; $GI = 5, 148$; $P = 0,012$) (Figura 1).

Figura 1. Duração (Dias) ($\pm$ EP) dos estágios imaturos e desenvolvimento ovo-adulto de *Ceraeochrysa cincta* oriunda de pomares de citros com manejo orgânico e convencional de pragas. Barras seguidas pela mesma letra (minúscula para estágios imaturos e maiúscula para desenvolvimento ovo-adulto) não diferem significativamente (GLM com distribuição quasi-Poisson, seguido pelo teste de Tukey; $P < 0,05$).

Em relação aos adultos, a razão sexual da população de Mogi Mirim convencional foi significativamente diferente das demais populações estudadas (Tabela 3). A longevidade das fêmeas de *C. cincta* foi significativamente maior nas

populações de Analândia convencional e Itápolis convencional (Tabela 3). Os machos de Analândia orgânica apresentaram longevidade mais curta que as outras populações testadas. (Tabela 3). A eclosão das larvas (%) (viabilidade dos ovos) da população de Mogi Mirim orgânica foi significativamente menor e o número de ovos por fêmea (fecundidade) foi significativamente menor na população de Itápolis orgânicos que as demais populações (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros ($\pm$ EP) dos adultos de *Ceraeochrysa cincta* oriundos de pomares de citros com manejo orgânico e convencional de pragas dos citros.

População	Longevidade (d)		Razão sexual [♀/(♀+♂)]	Fecundidade (número de ovos/fêmea)	Viabilidade ovos (%)
	Fêmeas	Machos			
Analândia Convencional	64,60 $\pm$ 4,63a	55,00 $\pm$ 4,17a	0,52 $\pm$ 0,05a	274,88 $\pm$ 26,15a	82,29 $\pm$ 1,21a
Analândia Orgânico	47,50 $\pm$ 6,80b	35,83 $\pm$ 5,64c	0,45 $\pm$ 0,05a	167,25 $\pm$ 25,21ab	81,25 $\pm$ 1,23a
Itápolis Convencional	60,40 $\pm$ 4,21a	50,62 $\pm$ 6,25ab	0,50 $\pm$ 0,05a	177,87 $\pm$ 32,88ab	90,62 $\pm$ 0,92a
Itápolis Orgânico	50,88 $\pm$ 6,63b	42,9 $\pm$ 7,20bc	0,48 $\pm$ 0,05a	94,00 $\pm$ 21,52b	86,45 $\pm$ 1,08a
Mogi Mirim Convencional	39,50 $\pm$ 9,13c	58,00 $\pm$ 7,04a	0,26 $\pm$ 0,05b	-	-
Mogi Mirim Orgânico	45,90 $\pm$ 7,49bc	55,55 $\pm$ 8,57a	0,41 $\pm$ 0,05a	144,12 $\pm$ 34,46ab	73,95 $\pm$ 1,40b
<i>F</i>	4,46	1,60	3,25	3,66	4,04
<i>GI</i>	5, 192	5, 46	5, 148	4, 33	4, 28
<i>P</i>	<0,001	0,017	0,057	0,02	<0,001

^AMédias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente (GLM com distribuição quasi-Poisson. Seguido pelo teste de Tukey; $P < 0,05$). – Baixo número de casais formados para serem analisados estatisticamente.

Houve diferenças significativas nos parâmetros demográficos entre as populações estudadas (Tabela 4). A taxa reprodutiva líquida (R_0) e a taxa intrínseca de crescimento (r_m) foram maiores nas populações oriundas do manejo convencional de pragas, com exceção da população de Analândia orgânica que também apresentou maior r_m . O tempo de duplicação (T_d) foi menor para as populações de Analândia e Itápolis, ambas com manejo convencional.

Tabela 4. Parâmetros da tabela de vida ($\pm$ EP) de *Ceraeochrysa cincta* oriunda do manejo orgânico e convencional de pragas.

População	Taxa líquida de reprodução (R_o)	Tempo médio entre gerações (T) (dias)	Tempo de duplicação da população (T_d) (dias)	Taxa intrínseca de crescimento (r_m)
Analândia Convencional	80,827 $\pm$ 15,013a	65,422 $\pm$ 2,590a	10,324 $\pm$ 0,790a	0,067 $\pm$ 0,004a
Analândia Orgânico	41,268 $\pm$ 7,988b	61,072 $\pm$ 2,284a	11,379 $\pm$ 1,027ab	0,060 $\pm$ 0,005ab
Itápolis Convencional	61,366 $\pm$ 11,802a	60,341 $\pm$ 2,254a	10,159 $\pm$ 0,821a	0,068 $\pm$ 0,005a
Itápolis Orgânico	33,180 $\pm$ 8,140b	61,746 $\pm$ 1,637a	12,221 $\pm$ 1,233b	0,056 $\pm$ 0,005b
Mogi Mirim Orgânico	43,886 $\pm$ 8,883b	66,905 $\pm$ 2,660a	12,263 $\pm$ 1,128b	0,056 $\pm$ 0,004b

Dados seguidos pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelas análises de bootstrap (10.000 repetições).

3.4. Discussão

Demonstrou-se com o bioensaio de toxicidade laboratorial que, existem diferenças interespecíficas na suscetibilidade a inseticidas entre *C. cincta*, *C. cubana*, *C. paraguaria* e *C. externa*. As espécies pertencentes ao gênero *Ceraeochrysa* (*C. cincta*, *C. cubana* e *C. paraguaria*) foram mais tolerantes ao imidacloprido que *C. externa*. Existem várias diferenças entre as espécies avaliadas, como fisiológicas e comportamentais (Cordeiro et al. 2010). De acordo com Schuster e Stansly (2000), as características morfológicas e comportamentais provavelmente contribuem para a maior tolerância de *Ceraeochrysa* aos inseticidas.

Entre as espécies de crisopídeos estudadas, *C. cincta* foi a mais tolerante aos inseticidas, com valores de CL₅₀ maiores que as demais, independentemente da origem ou sistema de manejo. A partir dos resultados obtidos no laboratório, assume-se que a população de *C. cincta* no campo é menos afetada por inseticidas. Esta pode ser uma das razões pelas quais *C. cincta* foi a única espécie coletada em todas as propriedades com manejo convencional de pragas, mesmo com pulverizações frequentes de inseticidas. *Ceraeochrysa cincta* destaca-se como uma espécie com grande potencial para ser utilizada em programas de controle biológico de pragas dos citros devido sua tolerância aos inseticidas e, também, sua abundância (Moraes et al. 2006).

Populações de crisopídeos de áreas com manejo convencional que têm contato frequente com inseticidas nem sempre têm maior tolerância em relação àquelas provenientes de áreas com manejo orgânico. No caso de *C. externa*, esta semelhança na tolerância poderia ser explicada pelo fato de que populações de áreas orgânica e convencional pertencem a mesma população, como relatado por estudos de genética de populações no estado de São Paulo, realizados por Barbosa et al. (2014) e Lavagnini et al. (2015). Isso é possível devido à capacidade do crisopídeo voar quilômetros de distância nos primeiros dias após a emergência dos adultos (Liu et al. 2011).

Diferenças intraespecíficas na suscetibilidade de crisopídeos aos inseticidas foram observadas no Paquistão. Em áreas com uso frequente de organofosforados e piretroides, Pathan et al. (2008) compararam populações de *Chrysoperla carnea*

(Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) com uma população criada há mais de 10 anos em laboratório e detectaram resistência em indivíduos do campo. Segundo Pathan et al. (2008) e Mansoor et al. (2017), populações com exposição frequente a inseticidas tendem a diminuir suas suscetibilidades aos inseticidas no decorrer das gerações.

Entre os inseticidas, clorpirifós foi o mais nocivo para os crisopídeos, causando 50% de mortalidade com uma concentração menor que a testada para os demais inseticidas. A toxicidade do clorpirifós para *C. cubana* e para o parasitoide *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), um dos principais inimigos naturais de *D. citri*, já foi relatada (Beloti et al. 2015, Rugno et al. 2015), mas não há estudos para as outras espécies testadas nesse estudo. Em relação aos demais inseticidas avaliados, constatou-se que, apenas *C. cincta* foi tolerante a imidacloprido e a bifentrina, pois, os valores de CL₅₀s estavam acima da concentração recomendada pela MAPA para o manejo de *D. citri* no campo (0,2 ml/L). No entanto, recomenda-se testar os efeitos subletais desses inseticidas a *C. cincta*, pois, efeitos na redução da sobrevivência e na razão sexual foi observado para *C. cubana* (Rugno et al. 2019).

O desenvolvimento das populações de *C. cincta* dos sistemas de manejo convencionais de pragas indicou uma significativa redução na eclosão de larvas entre duas das três populações estudadas. Outra característica biológica observada foi a duração mais curta dos estágios imaturos (ovo e larva), como observado na população de Mogi Mirim convencional. Essas diferenças foram constatadas sem expor esses insetos aos inseticidas. No entanto, o efeito de inseticidas no desenvolvimento de crisopídeos após exposição foi estudado por Mansoor et al. (2013) e Abbas et al. (2014), que observaram uma menor duração no período larval e pupal causada por espinosade e benzoato de emamectina. Inseticidas podem reduzir a duração do estágio do ciclo de vida de crisopídeos, mas não se pode concluir que os efeitos observados no presente estudo foram devido ao contato da geração anterior com os inseticidas.

Embora a maior emergência de machos de *C. cincta* na população convencional de Mogi Mirim possa refletir um crescimento populacional mais lento, não se observou o mesmo comportamento nas demais populações dos sistemas convencionais, o que pode ser atribuído a variáveis não consideradas neste estudo. Adultos de áreas com uso frequente de inseticidas apresentaram algumas

características biológicas distintas, como maior longevidade observada neste estudo, além de maior viabilidade dos ovos e fecundidade encontradas por Pathan et al. (2010) e Abbas et al. (2014), permitindo que esses insetos lidem com a constante presença de inseticidas.

As características biológicas observadas nos estágios imaturos e nos adultos de *C. cincta* oriundos do manejo convencional aumentaram a taxa intrínseca de crescimento e a taxa líquida de reprodução e reduziram o tempo de duplicação da população. Este resultado indica que populações de crisopídeos frequentemente expostos a inseticidas podem não apenas sobreviver neste cenário, mas também aumentar o número de indivíduos. Abbas et al. (2014) também observaram aumento do crescimento populacional de *C. carnea* resistente ao spinosad. No entanto, alguns inseticidas usados no manejo convencional podem reduzir o crescimento populacional, como apresentado por outros estudos que utilizaram parâmetros da tabela de vida para analisar o efeito de inseticidas sobre os crisopídeos (Rugno et al. 2015, 2016). Ainda assim, com práticas adequadas de manejo de pragas visando preservar os inimigos naturais, *C. cincta* pode persistir no campo em número suficiente para contribuir para o controle de pragas.

Em conclusão, *C. cincta* é mais tolerante aos inseticidas clorpirifós, imidacloprido e bifentrina que *C. cubana*, *C. paraguaria* e *C. externa*. Além disso, populações de *C. cincta* oriundas do manejo convencional apresentou ciclo de vida mais rápido e maior crescimento populacional no laboratório. Essa informação pode se tornar a base para a introdução desses predadores como agentes de controle biológico na citricultura que, atualmente, depende do uso do controle químico para evitar danos econômicos.

REFERÊNCIAS

- Abbas, N., M. M. Mansoor, S. A. Shad, A. K. Pathan, A. Waheed, M. Ejaz, M. Razaq, e M. A. Zulfiqar. 2014.** Fitness cost and realized heritability of resistance to spinosad in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Bull. Entomol. Res.* 104: 707–715.
- Aldrich, J. R., e Q. Zhang. 2016.** Chemical ecology of Neuroptera. *Annu. Rev. Entomol.* 61: 197–218.
- Barbosa, N., S. De Freitas, e A. Morales. 2014.** Distinct genetic structure in populations of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera, Chrysopidae) shown by genetic markers ISSR and COI gene. *Rev. Bras. Entomol.* 58: 203–211.
- Belasque, J., R. B. Bassanezi, P. T. Yamamoto, A. J. Ayres, A. Tachibana, A. R. Violante, A. T. Jr, F. Di Giorgi, F. E. A. Tersi, G. M. Menezes, J. Dragone, R. H. J. Jr, e J. M. Bové. 2010.** Lessons from Huanglongbing management in São Paulo state, Brazil. *J. Plant Pathol.* 92: 285–302.
- Beloti, V. H., G. R. Alves, D. F. D. Araújo, M. M. Picoli, R. de A. Moral, C. G. B. Demétrio, e P. T. Yamamoto. 2015.** Lethal and sublethal effects of insecticides used on citrus, on the ectoparasitoid *Tamarixia radiata*. *PLoS One.* 10: e0132128.
- Biondi, A., R. N. C. Guedes, F. Wan, e N. Desneux. 2018.** Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: Past, present, and future. *Annu. Rev. Entomol.* 63: 239–258.
- Birch, L. C. 1948.** The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15.
- Bortoli, S. A. de, A. C. Caetano, A. T. Murata, e J. E. de M. Oliveira. 2006.** Desenvolvimento e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) em diferentes presas. *Rev. Biol. e Ciencias da Terra* 6: 145–152.
- Cordeiro, E. M. G., A. S. Corrêa, M. Venzon, e R. N. C. Guedes. 2010.** Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. *Chemosphere* 81: 1352–1357.

- Fleming, D. E., N. Krishnan, A. L. Catchot, e F. R. Musser. 2016.** Susceptibility to insecticides and activities of glutathione S -transferase and esterase in populations of *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) in Mississippi. *Pest Manag. Sci.* 72: 1595–1603.
- Freitas, S., e N. D. Penny. 2001.** The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agro-ecosystems. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 52: 245–395.
- Guedes, R. N. C., G. Smagghe, J. D. Stark, e N. Desneux. 2016.** Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. *Annu. Rev. Entomol.* 61: 43–62.
- Hassan, S. A., F. Bigler, H. Bogenschütz, E. Boller, J. Brun, J. N. M. Calis, J. Coremans-Pelseneer, C. Duso, A. Grove, U. Heimbach, N. Helyer, H. Hokkanen, G. B. Lewis, F. Mansour, L. Moreth, L. Polgar, L. Samsøe-Petersen, B. Sauphanor, A. Stäubli, G. Sterk, A. Vainio, M. Veire, G. Viggiani, e H. Vogt. 1994.** Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-working group pesticides and beneficial organisms. *Entomophaga.* 39: 107–119.
- Hinde, J., e C. G. B. Demétrio. 1998.** Overdispersion: models and estimation. *Comput. Stat. Data Anal.* 27: 151–170.
- Hothorn, T., F. Bretz, e P. Westfall. 2008.** Simultaneous inference in general parametric models. *Biometrical J.* 50: 346–363.
- Khuhro, N. H., H. Chen, Y. Zhang, L. Zhang, e M. Wang. 2012.** Effect of different prey species on the life history parameters of *Chrysoperla sinica* (Neuroptera: Chrysopidae). *Eur. J. Entomol.* 109: 175–180.
- Lavagnini, T. C., A. C. Morales, e S. Freitas. 2015.** Population genetics of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and implications for biological control. *Brazilian J. Biol.* 75: 878–885.
- Liu, Z., K. A. G. Wyckhuys, e K. Wu. 2011.** Migratory adaptations in *Chrysoperla sinica* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.* 40: 449–454.
- Mandour, N. S. 2009.** Influence of spinosad on immature and adult stages of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *BioControl* 54: 93–102.

- Mansoor, M. M., N. Abbas, S. A. Shad, A. K. Pathan, e M. Razaq. 2013.** Increased fitness and realized heritability in emamectin benzoate-resistant *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Ecotoxicology* 22: 1232–1240.
- Mansoor, M. M., A. B. M. Raza, N. Abbas, M. A. Aqueel, e M. Afzal. 2017.** Resistance of green lacewing, *Chrysoperla carnea* Stephens to nitenpyram: Cross-resistance patterns, mechanism, stability, and realized heritability. *Pestic. Biochem. Physiol.* 135: 59–63.
- Meyer, J. S., C. G. Ingersoll, L. L. McDonald, e M. S. Boyce. 1986.** Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. Bootstrap techniques. *Ecology* 67: 1156–1166.
- Michaud, J. P. 2001.** Evaluation of green lacewings, *Chrysoperla plorabunda* (Fitch) (Neurop., Chrysopidae), for augmentative release against *Toxoptera citricida* (Hom., Aphididae) in citrus. *J. Appl. Entomol.* 125: 383–388.
- Morais, R. M. De, A. Barcellos, e L. R. Redaelli. 2006.** Insetos predadores em copas de *Citrus deliciosa* (Rutaceae) sob manejo orgânico no sul do Brasil. *Iheringia. Série Zool.* 96: 419–424.
- Nelder, A. J. A., e R. W. M. Wedderburn. 1972.** Generalized linear models. *J. R. Stat. Soc.* 135: 370–384.
- Oliveira, R. L. de, V. F. Moscardini, P. C. Gontijo, R. R. Sâmia, R. C. Marucci, F. Budia, e G. A. Carvalho. 2016.** Life history parameters and feeding preference of the green lacewing *Ceraeochrysa cubana* fed with virus-free and potato leafroll virus-infected *Myzus persicae*. *BioControl* 61: 671–679.
- Pappas, M. L., G. D. Broufas, e D. S. Koveos. 2011.** Chrysopid predators and their role in biological control. *J. Entomol.* 8: 301–326.
- Pathan, A. K., A. H. Sayyed, M. Aslam, M. Razaq, G. Jilani, e M. A. Saleem. 2008.** Evidence of field-evolved resistance to organophosphates and pyrethroids in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Econ. Entomol.* 101: 1676–1684.
- Pathan, A. K., A. H. Sayyed, M. Aslam, T.-X. Liu, M. Razzaq, e W. A. Gillani. 2010.** Resistance to pyrethroids and organophosphates increased fitness and

predation potential of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). J. Econ. Entomol. 103: 823–834.

R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Regan, K., D. Ordosch, K. D. Glover, K. J. Tilmon, e A. Szczepaniec. 2017. Effects of a pyrethroid and two neonicotinoid insecticides on population dynamics of key pests of soybean and abundance of their natural enemies. Crop Prot. 98: 24–32.

Robertson, J. L., e H. K. Preisler. 1992. Pesticide bioassays with arthropods. CRC Press, London, United Kingdom.

Rugno, G. R., O. Z. Zanardi, e P. T. Yamamoto. 2015. Are the pupae and eggs of the lacewing *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae) tolerant to insecticides? J. Econ. Entomol. 108: 2630–2639.

Rugno, G. R., O. Z. Zanardi, J. Bajonero Cuervo, M. R. de Moraes, e P. T. Yamamoto. 2016. Impact of insect growth regulators on the predator *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). Ecotoxicology 25: 940–949.

Rugno, G. R., O. Z. Zanardi, J. R. P. Parra, e P. T. Yamamoto. 2019. Lethal and sublethal toxicity of insecticides to the lacewing *Ceraeochrysa cubana*. Neotrop. Entomol. 48: 162.

SAS Institute. 2002. SAS User's Manual, Version 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.

Schuster, D. J., e P. A. Stansly. 2000. Response of two lacewing species to biorational and broad-spectrum insecticides. Phytoparasitica 28: 297–304.

Skaljac, M., P. Kirfel, J. Grotmann, e A. Vilcinskis. 2018. Fitness costs of infection with *Serratia symbiotica* are associated with greater susceptibility to insecticides in the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. Pest Manag. Sci. 74: 1829–1836.

Souza, B., e C. F. de Carvalho. 2002. Population dynamics and seasonal occurrence of adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in a citrus orchard in the Southern Brazil. Acta Zool. Acad. Sci. Hungaricae 48: 301–310.

- Tauber, M. J., C. A. Tauber, K. M. Daane, e K. S. Hagen. 2000a.** Commercialization of predators: Recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: Chrysoperla). *Am. Entomol.* 46: 26–38.
- Tauber, C. A., T. De León, N. D. Penny, e M. J. Tauber. 2000b.** The genus *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) of America North of Mexico: Larvae, adults, and comparative biology. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93: 1195–1221.
- Tauber, C. A., M. J. Tauber, e G. S. Albuquerque. 2014.** Debris-carrying in larval Chrysopidae: Unraveling its evolutionary history. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 107: 295–314.
- Villenave, J., B. Deutsch, T. Lode, e E. Rat-Morris. 2006.** Pollen preference of the *Chrysoperla* species (Neuroptera: Chrysopidae) occurring in the crop environment in western France. *Eur. J. Entomol.* 103: 771–777.
- Zehnder, G., G. M. Gurr, S. Kühne, M. R. Wade, S. D. Wratten, e E. Wyss. 2007.** Arthropod pest management in organic crops. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 57–80.

4. EFEITO LETAL DE IMIDACLOPRIDO, FENPROPATRINA E DIMETOATO SOBRE LARVAS DE *CERAEOCHRYSA CUBANA* EM DIFERENTES FORMAS DE EXPOSIÇÃO

Resumo

Ceraeochrysa cubana (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) é um inseto predador e importante na agricultura por preda diversas pragas agrícolas. Mas, o uso de inseticidas pode causar a morte desse crisopídeo, reduzindo sua eficiência no controle das pragas. O objetivo com esse estudo foi avaliar o efeito letal de imidacloprido, fenpropatrina e dimetoato a *C. cubana* em diferentes formas de exposição e o efeito repelente de imidacloprido e fenpropatrina sobre larvas de primeiro ínstar do crisopídeo aos ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) tratados. Para o efeito letal, foram realizados bioensaios de exposição tópica, residual, ingestão e simultânea (residual + ingestão) das larvas do crisopídeo aos princípios ativos. A razão de tolerância (RT) foi calculada em relação a menor CL_{50} observada. No bioensaio de toxicidade, cada princípio ativo teve efeito letal distinto nas diferentes formas de exposição. Dentre as formas de exposição e inseticidas, a exposição residual de dimetoato foi a mais letal (menor valor da CL_{50}), seguido da exposição residual + ingestão de dimetoato e de fenpropatrina. Na exposição tópica, os inseticidas tiveram toxicidade similares, RT entre 20,76 a 23,61 vezes. Fenpropatrina teve uma das menores toxicidade, RT de 81,48 vezes e, devido ao baixo efeito letal, não foi estimada a CL_{50} de imidacloprido nas exposições residual e ingestão. Por causa da toxicidade, dimetoato deve ser usado com cautela e imidacloprido é o que mostrou ser o menos tóxico para larvas de *C. cubana*.

Palavras chave: Pesticidas; Chrysopidae; Manejo Integrado de Pragas; Seletividade

Abstract

Ceraeochrysa cubana (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) is a predatory and important insect in agriculture for preying on various agricultural pests, but the use of insecticides can cause the death of this lacewing, reducing its efficiency in pest control. The goal of this study was to evaluate the lethal effect of imidacloprid, fenpropathrin and dimethoate on *C. cubana* on different forms of exposure. Bioassays of topical, residual, ingestion and simultaneous exposition (residual + ingestion) of the active principles on the lacewing larvae were performed. The tolerance ratio (TR) was calculated in relation to the lowest LC_{50} observed. In addition to the lethal effect, the repellent effect of imidacloprid and fenpropathrin on first instar larvae of the lacewing was also studied when *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) eggs were treated with these insecticides. In the toxicity bioassay, each active principle had a distinct lethal effect on different forms of exposure. Among the forms of exposure and insecticides, the residual exposure of dimethoate was the most lethal (lower value of LC_{50}), followed by residual + ingestion

exposure of dimethoate and fenpropathrin. At the topical exposure, insecticides had similar toxicity, TR between 20.76 to 23.61-fold. Fenpropathrin had one of the lowest toxicities, TR of 81.48-fold, and because of the low lethal effect, the imidacloprid LC₅₀ was not estimated at residual and ingestion exposures. Because of toxicity, dimethoate should be used with caution and imidacloprid is what has been shown to be the least toxic to *C. cubana* larvae.

Keywords: Pesticides; Chrysopidae; Integrated Pest Management; Selectivity

4.1. Introdução

Ceraeochrysa cubana (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) é importante na agricultura por ser predador de diversas espécies de artrópodes pragas (Messelink et al. 2016, Wells et al. 2017). O hábito predador é exclusivo da fase larval, podendo consumir centenas ou milhares de indivíduos para completar o seu ciclo biológico e, por ser generalista, suas presas podem estar em qualquer estágio de desenvolvimento, desde ovos até adultos (Stewart et al. 2002, Hassanpour et al. 2011). *Ceraeochrysa cubana* está amplamente distribuída nas Américas, presente em praticamente todo o continente, relatada desde o EUA até o Brasil, ocorrendo em diferentes culturas, principalmente, em citros (Tauber et al. 2000, Freitas e Penny 2001, Rugno et al. 2015).

Em citros, *C. cubana* e outras espécies de crisopídeos vem chamando a atenção por predação de ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), considerada praga chave e a mais preocupante de toda história da citricultura mundial (Contreras e Argumedo 2012, Grafton-Cardwell et al. 2013). Ao se alimentar de suas presas, o crisopídeo exerce papel importante na regulação da densidade populacional da praga, podendo reduzir a dependência do uso do controle químico e ajudar a manter a estabilidade do ecossistema agrícola (Zhang e Swinton 2009).

O uso de inseticidas é fundamental para evitar danos econômicos causados pelos insetos pragas, mas, o seu uso, de forma generalizada e indiscriminada, pode interferir na população de inimigos naturais, acarretando problemas de resistência e surtos de pragas secundárias (Hardin et al. 1995, Raupp et al. 2010). Além do efeito letal, os inseticidas podem causar efeitos subletais que comprometem o desempenho do inimigo natural, como o efeito repelente que implica evitar o contato e consumo de presas tratadas com pesticidas ou mesmo deixar a área onde os mesmos foram aplicados (Hodge e Longley 2000, Cordeiro et al. 2010, Pakyari e

Enkegaard 2015). Na citricultura, onde *C. cubana* está presente, há uma dependência muito grande de inseticidas, dentre estes, os princípios ativos fenpropatrina, dimetoato e imidacloprido são amplamente utilizados e podem afetar negativamente os inimigos naturais (Jalali et al. 2009, Tiwari et al. 2011, Pakyari e Enkegaard 2015).

O crisopídeo *C. cubana* pode ser exposto a esses princípios ativos por diferentes formas de exposição, dentre elas, por contato tópico ou direto que ocorre no momento da pulverização, residual que ocorre quando o inseto caminha sobre uma superfície tratada com o inseticida ou por ingestão que acontece quando o crisopídeo preda um inseto contaminado pelo pesticida (Cordeiro et al. 2010, Gontijo et al. 2014, Rugno et al. 2015, Barros et al. 2018). Cada forma de exposição pode apresentar graus diferentes de toxicidade (Schuster e Stansly 2000), e uma das formas de avaliar a toxicidade dos inseticidas sobre os crisopídeos é estimando a concentração letal (Pathan et al. 2008).

Um dos passos para preservar as populações de *C. cubana* que estão presente naturalmente em pomares que utilizam o controle químico é conhecer o efeito letal e subletais dos pesticidas sobre esse predador, pois, de posse desse conhecimento é possível integrar o controle biológico com o controle químico, sem abrir mão de nenhum deles, reduzindo, conseqüentemente, o número de aplicações (Porcel et al. 2013). Outro passo é conhecer a nocividade dos inseticidas sobre o predador nas mais prováveis exposições possíveis. Com este estudo, objetivou-se: 1) comparar a concentração letal dos princípios ativos fenpropatrina, dimetoato e imidacloprido na exposição tópico, residual, ingestão e residual + tópica à *C. cubana* e determinar a exposição mais nociva de cada inseticida em laboratório; 2) avaliar se há efeito repelente dos inseticidas fenpropatrina e imidacloprido sobre larvas de *C. cubana*.

4.2. Material e métodos

Os bioensaios foram realizados no laboratório de entomologia da University of Florida's Institute of Food and Agricultural Sciences no Campus Southwest Florida Research & Education Center (UF/IFAS SWFREC), EUA, e mantidos em câmaras

de crescimento (B.O.D.) com temperatura de 25 ± 2 °C, UR de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14 h L:10 h D.

4.2.1. Insetos

A população de laboratório de *C. cubana* foi estabelecida com mais de 50 adultos coletados em plantas de citros num pomar de laranjeira Valência na UF/IFAS SWFREC. Os adultos foram criados em gaiolas cilíndricas de plástico (20 cm de altura x 10 cm de diâmetro) fechadas na base inferior com placa de Petri e na superior com tecido tipo voil. Esses adultos foram alimentados com dieta composta de levedura de cerveja e mel (1:1) pincelada em papel toalha e molhados com água destilada até o ponto de máxima absorção do material, trocada diariamente e umedecida sempre que necessário para evitar o seu ressecamento. Para substrato de oviposição, as gaiolas foram revestidas internamente com folha de papel branco, trocadas diariamente e os ovos contidos nelas foram removidos e individualizados em tubos de vidro para evitar o canibalismo após a eclosão. As larvas eclodidas foram alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) até o estágio de pupa. Os indivíduos da primeira geração foram utilizados na criação de manutenção e as larvas de *C. cubana* da segunda geração foram usadas para a realização dos bioensaios.

4.2.2. Inseticidas

Os bioensaios foram conduzidos com o grau técnico dos inseticidas dimetoato (98,8%), fenpropatrina (98,7%) e imidacloprido (99,9%). Os três princípios ativos foram obtidos da Sigma-Aldrich. Foram utilizadas seis concentrações de cada princípio ativo diluídas em series em grau técnico de acetona. As concentrações utilizadas foram 1000, 750, 500, 250, 100 e 10 mg L⁻¹ e para o controle foi usado somente grau técnico de acetona.

4.2.3. Efeito letal de dimetoato, fenpropatrina e imidacloprido sobre larvas de *Ceraeochrysa cubana* em diferentes formas de exposição

Nos bioensaios de exposição das larvas de *C. cubana* a dimetoato, fenpropatrina e imidacloprido foram utilizadas 20 larvas por tratamento e repetido

quatro vezes. A avaliação do efeito letal foi feita 24 h após o confinamento e as larvas foram consideradas mortas quando não houve movimento ao serem tocadas com um pincel. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado.

4.2.3.1. Exposição tópica de dimetoato, fenpropatrina e imidacloprido para *Ceraeochrysa cubana*

Para o bioensaio de exposição tópica foram utilizadas larvas de *C. cubana* com no máximo 24 h de idade. A aplicação das concentrações dos inseticidas foi realizada com seringa de Hamilton de 10 µL (Merck, Darmstadt, Germany). Foi aplicado 0,2 µL do inseticida a testar sobre o dorso da larva, metodologia adaptada de (Tiwari et al. 2011). Após a aplicação, a larva foi confinada em tubo de vidro (20 ml) (Wheaton Industries Inc., Millville, New Jersey) contendo ovos de *E. kuehniella* como alimento e mantida nas condições controladas.

4.2.3.2. Exposição residual de dimetoato, fenpropatrina e imidacloprido para *Ceraeochrysa cubana*

Para a realização do bioensaio residual foi aplicado dentro de tubos de vidro de 20 ml (Wheaton Industries Inc., Millville, New Jersey) 200 µL de cada concentração dos princípios ativos, metodologia adaptada de Kanga et al. (2016). Para alcançar uma cobertura uniforme do inseticida, os tubos foram colocados em uma esteira rolante e deixados por 30 minutos, tempo suficiente para a secagem do produto. Em seguida, foi confinada uma larva de primeiro ínstar de *C. cubana* com no máximo 24 h de idade e colocados ovos de *E. kuehniella* como presa.

4.2.3.3. Exposição por ingestão de dimetoato, fenpropatrina e imidacloprido para *Ceraeochrysa cubana*

Ovos de *E. kuehniella*, aproximadamente 500, foram colados com cola atóxica a base de amido em cartelas de papel de 1 cm² e, em seguida, as cartelas foram imersas durante cinco segundos nas respectivas concentrações de cada princípio ativo e deixadas secando por 30 minutos nas condições de laboratório, de acordo com a metodologia adaptada de (Maroufpoor et al. 2014). Para o controle foi

utilizado somente acetona. Após a secagem, as cartelas foram colocadas em tubos de vidro (20 ml) com a parte dos ovos voltadas para cima e confinada uma larva de primeiro ínstar de *C. cubana* com no máximo 24 h de idade e mantida nas condições controladas.

4.2.3.4. Exposição residual + ingestão de dimetoato, fenprotrina e imidacloprido para *Ceraeochrysa cubana*

Nessa forma de exposição, tanto os tubos quanto as presas do crisopídeo foram tratados com as concentrações dos princípios ativos. Nos tubos de vidro (20 ml) foram aplicados 200 µL do tratamento e colocados na esteira rolante para a uniformização da cobertura do inseticida, da mesma forma descrita na exposição residual. Os ovos de *E. kuehniella* foram colados em cartelas de papel e tratados com os inseticidas da mesma forma descrita na exposição por ingestão. Após a secagem, o alimento tratado foi colocado dentro dos tubos tratados e adicionada uma larva de *C. cubana* com no máximo 24 h de idade e mantidos em condições controladas.

4.2.4. Teste de repelência de fenprotrina e imidacloprido para *Ceraeochrysa cubana*

Para verificar o efeito de repelência de fenprotrina e imidacloprido sobre *C. cubana*, ovos de *E. kuehniella* (500 ovos) foram colados em cartelas de papel de 1 cm², imersos durante cinco segundos na concentração 250 mg L⁻¹ do inseticida imidacloprido e fenprotrina e deixados em temperatura do laboratório para secagem. O controle foi feito da mesma forma, mas utilizando somente acetona. Foi utilizado a concentração 250 mg L⁻¹ devido ser a concentração mais alta com a qual houve menos mortalidade das larvas do crisopídeo na exposição por ingestão. Após a secagem, as cartelas foram colocadas dentro de tubos de vidro (20 ml) e, em seguida, foi confinada uma larva de primeiro ínstar de *C. cubana* com no máximo 24 h de idade. Foram utilizadas 20 larvas por tratamento.

Foi contado o número de larvas que estavam se alimentando de ovos de *E. kuehniella* tratados após 10, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 minutos do confinamento. Foi

considerado que a larva estava se alimentando quando foi observada a manipulação das presas com o aparelho bucal.

4.2.5. Análises estatísticas

Os dados da concentração-resposta dos inseticidas nas diferentes formas de exposições foram submetidos a análise de probit (PROC PROBIT; SAS Institute 2002) e o intervalo de confiança (95%) para a razão de tolerância (RT) foi estimado seguindo (Robertson e Preisler 1992) e considerado significativo se os valores não sobrepueram.

Os dados de repelência foram analisados com os modelos gerais linearizado (GLM) (Nelder e Wedderburn 1972) com distribuição de Poisson. Os dados foram analisados usando um envelope simulado com gráfico meio-normal (Hinde e Demétrio 1998). Quando foram encontradas diferenças foi feito um teste de Tukey HSD a 5% de significância aplicando a função “glht” do pacote multcomp com p ajustado no programa estatístico R (R Core Team 2017).

4.3. Resultados

4.3.1. Efeito letal de dimetoato, fenpropatrina e imidacloprido sobre larvas de *Ceraeochrysa cubana* em diferentes formas de exposição

O modelo de probit foi ajustado para todas as análises da concentração-resposta, com valores de $P > 0,05$ (Tabela 1). A razão de tolerância (RT) para *C. cubana* foi estimada em relação ao menor valor da CL_{50} obtido das análises de probit. A toxicidade dos inseticidas para o predador variou entre as diferentes formas de exposições. O menor valor da CL_{50} foi para dimetoato na exposição residual, valor próximo também foi obtido na exposição residual + ingestão para o mesmo princípio ativo, RT de 1,66 vezes (Tabela 1). Na exposição residual + ingestão, a RT para fenpropatrina foi 4,47 vezes menos letal que dimetoato na exposição residual (Tabela 1). Na exposição tópica, os inseticidas tiveram a toxicidade semelhante, RT variando de 20,76 a 23,61 vezes (Tabela 1). A RT de *C. cubana* para fenpropatrina na exposição ingestão foi 81,48 vezes em relação a menor CL_{50} e imidacloprido teve baixo efeito letal nas concentrações utilizadas nas exposições residual e ingestão e

os dados das concentrações resposta não foram submetidos a análises de probit (Tabela 1).

Tabela 1. Concentração letal de dimetoato, fenpropatrina e imidacloprido sobre larvas de *Ceraeochrysa cubana* nas exposições tópica, residual, ingestão e residual + ingestão.

Inseticidas	Exposição	Slope ($\pm$ EP)	CL ₅₀ (95% I.C.)	X ² (G.I)	P	RT (I.C.)*
Dimetoato	Residual	1,01 (0,21)	1,16 (0,19 - 2,79)	2,50 (4)	0,64	1,00 (0,45 - 2,22)
Dimetoato	Residual + ingestão	1,21 (0,22)	1,92 (0,60 - 3,80)	1,11 (4)	0,89	1,66 (0,82 - 3,32)
Fenpropatrina	Residual + ingestão	1,27 (0,23)	5,19 (2,32 - 8,96)	0,33 (3)	0,95	4,47 (2,34 - 8,47)
Dimetoato	Ingestão	1,42 ($\pm$ 0,24)	18,77 (5,14 - 42,92)	6,80 (4)	0,14	16,18 (8,80 - 29,50)
Fenpropatrina	Residual	1,79 (0,33)	22,31 (13,95 - 31,77)	0,70 (4)	0,95	19,23 (10,56 - 34,70)
Imidacloprido	Tópico	0,68 (0,18)	24,08 (9,50 - 61,54)	2,70 (4)	0,60	20,76 (10,39 - 41,08)
Fenpropatrina	Tópico	2,92 (0,48)	24,16 (17,62 - 30,91)	1,06 (4)	0,90	20,83 (10,79 - 34,44)
Dimetoato	Tópico	1,53 (0,30)	27,39 (17,14 - 40,56)	3,95 (4)	0,41	23,61 (12,93 - 42,72)
Imidacloprido	Residual + ingestão	0,93 (0,27)	66,37 (32,45 - 363,53)	0,26 (3)	0,96	57,22 (35,94 - 172,86)
Fenpropatrina	Ingestão	4,88 (1,42)	94,52 (79,94 - 137,45)	0,09 (4)	0,99	81,48 (44,76 - 149,49)
Imidacloprido	Residual	-	-	-	-	-
Imidacloprido	Ingestão	-	-	-	-	-

*Razão de tolerância (maior valor CL₅₀/menor valor CL₅₀); - Não foi estimada a CL₅₀ devido a baixa mortalidade nas concentrações utilizadas.

4.3.2. Teste de repelência dos inseticidas fenpropatrina e imidacloprido para *Ceraeochrysa cubana*

Por ter apresentado efeito letal alto para as larvas de *C. cubana* em todos os bioensaios de exposição do predador ao princípio ativo, dimetoato não foi utilizado no bioensaio de repelência. No tratamento imidacloprido as larvas se alimentaram dos ovos tratados igualmente ao observado no controle, enquanto fenpropatrina teve efeito de repelência sobre as larvas de *C. cubana* após 10 minutos ($F= 6,45$; $GL= 2, 117$; $P < 0,001$); 20 minutos ($F= 6,66$; $GL= 2, 117$; $P < 0,001$); 40 minutos ($F= 70,52$; $GL= 2, 117$; $P < 0,001$); 60 minutos ($F= 10,53$; $GL= 2, 117$; $P < 0,001$); 80 minutos ($F= 7,57$; $GL= 2, 117$; $P < 0,001$); 100 minutos ($F= 10,84$; $GL= 2, 117$; $P < 0,001$); 120 minutos ($F= 6,84$; $GL= 2, 117$; $P < 0,001$) do confinamento (Figura 1).

Figura 1. Efeito repelente ($\pm$ EP) de fenpropatrina e imidacloprido sobre larvas de primeiro ínstar de *Ceraeochrysa cubana* quando ovos de *Ephestia kuehniella* foram tratados com fenpropatrina e imidacloprido e com apenas acetona para o controle. Colunas com a mesma letra não diferem significativamente ($P < 0,05$, GLM e post-hoc teste de Tukey HSD).

4.4. Discussão

O efeito letal dos inseticidas a *C. cubana* é uma importante informação para programas de manejo integrado de pragas (MIP), principalmente em culturas que são dependentes do controle químico e que reportam a ocorrência natural desse predador no campo, como é o caso da citricultura nas Américas (Tauber et al. 2000, Freitas e Penny 2001). *Ceraeochrysa cubana* tem potencial de ser usada como agente de controle biológico no MIP, pois, os resultados obtidos, principalmente na exposição tópica ao dimetoato, fenpropatrina e imidacloprido indicaram maior tolerância do predador em comparação a diversas populações de *D. citri* oriundas, também, da Flórida, EUA (Tiwari et al. 2011). A Metodologia utilizada entre os dois trabalhos na exposição tópica foi similar e o predador apresenta ser 10 ou mais vezes tolerante que *D. citri*.

O efeito letal dos três princípios ativos sobre as larvas de *C. cubana* dependem da forma de exposição. Cada princípio ativo apresentou toxicidade distinta na exposição residual, ingestão e residual + ingestão, mas, na exposição tópica a toxicidade entre eles foi semelhante mesmo sendo de grupos químicos diferentes (fenpropatrina = piretroide, dimetoato = organofosforado e imidacloprido = neonicotinoide). *Ceraeochrysa cubana* apresentou maior tolerância aos inseticidas no contato tópico. Rugno et al. (2019a) relataram maior tolerância de *C. cubana* em relação a *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) quando inseticidas foram pulverizados sobre o dorso dos indivíduos. Schuster e Stansly (2000) atribuíram maior tolerância do gênero *Ceraeochrysa* em relação *Chrysoperla* às diferenças morfológicas e comportamental, tais como, o hábito de carregar o resto de suas presas sobre o dorso. Porém, formulações comerciais de imidacloprido pulverizadas sobre larvas de *C. cubana* foram consideradas levemente nocivas devido os efeitos subletais, mas pouco se sabe desses efeitos que fenpropatrina e dimetoato podem causar sobre o predador (Rugno et al. 2019b).

As larvas de *C. cubana* (campodeiformes) são ativas e ágeis para forragear, mas o contato residual dos inseticidas dimetoato e fenpropatrina pode afetar esta característica devido à toxicidade. Quando avaliado o efeito do inseticida dimetoato foi observado um comportamento distinto; após o confinamento das larvas, os

indivíduos aumentaram a frequência de caminhar nas paredes do tubo que estavam tratadas e, posteriormente, reduziram drasticamente a sua movimentação e morreram em 24 h. O efeito subletal de dimetoato na atividade locomotora da joaninha *Coccinella septempunctata* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae) foi estudado e observou-se que, o inseto gastou maior tempo caminhando sobre a superfície tratada (Singh et al. 2001). A alta toxicidade do princípio ativo e esta excitação, que aumenta o contato com o resíduo de dimetoato, pode ser a razão do alto efeito letal observado sobre *C. cubana* nessa forma de exposição.

Devido à baixa mortalidade na concentração-resposta de imidacloprido, com mortalidade de 50% na concentração mais alta (1000 mg L⁻¹), os dados não foram submetidos a análise de probit e não foi estimada a CL₅₀. A exposição residual a esse princípio ativo foi considerada a forma de contato menos letal para o predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) e não tóxico para o ácaro predador *Anystis baccarum* (L.) (Acari: Anystidae) (Torres e Ruberson 2004, Laurin e Bostanian 2007). Mas, nem todos os predadores são tolerantes a esse princípio ativo. A formulação comercial de imidacloprido causou alta mortalidade sobre adultos de *Orius majusculus* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae) ao caminharem sobre o resíduo do inseticida (Dağlı e Bahşi 2009).

As larvas do crisopídeo, por serem predadoras vorazes, necessitam pregar centenas de presas para completar seu desenvolvimento, no entanto, os resultados indicaram que fenpropatrina e, principalmente, dimetoato tem efeito letal para larvas de *C. cubana* quando foi ingerido presas contaminadas. Da mesma forma que apresenta efeito letal para as larvas de *C. cubana*, a nocividade de dimetoato também foi relatado para a joaninha *Adalia bipunctata* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) ao se alimentarem de pulgões contaminados pelo inseticida (Jalali et al. 2009). Fenpropatrina teve menor efeito letal para as larvas que dimetoato, porém, as larvas de *C. cubana* que permaneceram vivas não se alimentaram devido ao efeito repelente que as presas tratadas apresentaram sobre o predador. Mesmo estando em jejum, as larvas do predador evitaram o consumo das presas tratadas com fenpropatrina durante as duas horas de observação no bioensaio de repelência, tempo que, provavelmente, a larva pode usar para procurar presas não contaminadas pelo princípio ativo. O efeito de repelência comprovado para

fenpropatrina, também foi observado para outro piretroide, permetrina, que mostrou efeito de repelência sobre larvas de *C. cubana* (Cordeiro et al. 2010).

Em contrapartida, imidacloprido foi inócuo para as larvas de *C. cubana* quando ingerido, causando mortalidade de 15% dos indivíduos na concentração mais alta utilizada nos ensaios de concentração-resposta (1000 mg L⁻¹). Além do baixo efeito letal, imidacloprido não tem efeito repelente sobre as larvas de *C. cubana*. A baixa mortalidade contribui para minimizar os efeitos negativos do inseticida sobre o predador. Preservar os inimigos naturais no campo é importante para controlar os indivíduos pragas remanescentes após pulverização, reduzindo a chance de selecionar indivíduos pragas resistentes (Liu et al. 2014).

As exposições simultâneas de diferentes formas de exposição do inseto com os inseticidas também podem ocorrer no campo e, como observado no bioensaio de laboratório, o contato residual + ingestão pode ser ainda mais nocivo para *C. cubana*. No caso de imidacloprido, foi observado um efeito letal maior na exposição residual + ingestão em relação a exposição residual ou ingestão que, separadamente, foram inócuas às larvas do predador. Em relação a fenpropatrina, as larvas puderam evitar o contato com o princípio ativo quando expostas a somente uma forma de exposição devido ao efeito repelente, mas o efeito das duas formas de exposição combinada (residual + ingestão) foi a mais letal. Dimetoato também apresentou um dos efeitos letais mais pronunciado ao predador na exposição simultânea, isso devido sua alta toxicidade na exposição residual, devendo, portanto, ser utilizado de forma criteriosa, pois, seu uso foi relacionado com a redução no número de larvas de crisopídeos em plantação de oliveira no sul da Espanha (Porcel et al. 2013).

Essas informações da toxicidade dos inseticidas sobre as larvas de *C. cubana* em diferentes formas de exposição são relevantes para definição de formas de preservação do predador, pois, a maioria dos trabalhos de seletividade levam em consideração somente uma forma de exposição, geralmente a aplicação tópica sobre *C. cubana* (Schuster e Stansly 2000, Rugno et al. 2015, 2018, Ono et al. 2017). Os princípios ativos imidacloprido, dimetoato e fenpropatrina tem efeito letal similar para o predador na exposição tópica e similar entre dimetoato e fenpropatrina na exposição residual + ingestão, enquanto que, para as demais exposições dimetoato é o mais letal. Imidacloprido tem grande potencial para ser utilizado em

integração com a liberação de larvas de *C. cubana*, pois, foi inócuo na exposição residual e ingestão, além de não ter efeito repelência sobre o predador, enquanto que, dimetoato é altamente nocivo, principalmente em contato residual e residual + ingestão e fenpropatrina além do efeito letal também tem efeito de repelência sobre as larvas do predador.

REFERÊNCIAS

- Barros, E. M., C. S. A. da Silva-Torres, J. B. Torres, e G. G. Rolim. 2018.** Short-term toxicity of insecticides residues to key predators and parasitoids for pest management in cotton. *Phytoparasitica* 46: 391–404.
- Contreras, M. G. L., e J. J. Argumedo. 2012.** Identificación de enemigos naturales de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en el estado de Yucatán, México. *Fitosanidad*. 16: 5–11.
- Cordeiro, E. M. G., A. S. Corrêa, M. Venzon, e R. N. C. Guedes. 2010.** Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. *Chemosphere* 81: 1352–1357.
- Dağlı, F., e S. Ü. Bahşi. 2009.** Topical and residual toxicity of six pesticides to *Orius majusculus*. *Phytoparasitica* 37: 399–405.
- Freitas, S., e N. D. Penny. 2001.** The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agro-ecosystems. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 52: 245–395.
- Gontijo, P. C., V. F. Moscardini, J. P. Michaud, e G. A. Carvalho. 2014.** Non-target effects of chlorantraniliprole and thiamethoxam on *Chrysoperla carnea* when employed as sunflower seed treatments. *J. Pest Sci.* 87: 711–719.
- Grafton-Cardwell, E. E., L. L. Stelinski, e P. A. Stansly. 2013.** Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the Huanglongbing pathogens. *Annu. Rev. Entomol.* 58: 413–432.
- Hardin, M. R., B. Benrey, M. Coll, W. O. Lamp, G. K. Roderick, e P. Barbosa. 1995.** Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanisms. *Crop Prot.* 14: 3–18.
- Hassanpour, M., J. Mohaghegh, S. Iranipour, G. Nouri-Ganbalani, e A. Enkegaard. 2011.** Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) to *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): Effect of prey and predator stages. *Insect Sci.* 18: 217–224.

- Hinde, J., e C. G. B. Demétrio. 1998.** Overdispersion: Models and estimation. *Comput. Stat. Data Anal.* 27: 151–170.
- Hodge, S., e M. Longley. 2000.** The irritant and repellent effects of organophosphates on the Tasmanian lacewing, *Micromus tasmaniae* (Neuroptera: Hemerobiidae). *Pest Manag. Sci.* 56: 916–920.
- Jalali, M. A., T. Van Leeuwen, L. Tirry, e P. De Clercq. 2009.** Toxicity of selected insecticides to the two-spot ladybird *Adalia bipunctata*. *Phytoparasitica* 37: 323–326.
- Kanga, L. H. B., J. Eason, M. Haseeb, J. Qureshi, e P. Stansly. 2016.** Monitoring for insecticide resistance in Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida. *J. Econ. Entomol.* 109: 832–836.
- Laurin, M.-C., e N. J. Bostanian. 2007.** Laboratory studies to elucidate the residual toxicity of eight insecticides to *Anystis baccarum* (Acari: Anystidae). *J. Econ. Entomol.* 100: 1210–1214.
- Liu, X., M. Chen, H. L. Collins, D. W. Onstad, R. T. Roush, Q. Zhang, E. D. Earle, e A. M. Shelton. 2014.** Natural enemies delay insect resistance to Bt crops. *PLoS One.* 9: e90366.
- Maroufpoor, M., S. Aramideh, e M. Hassan. 2014.** Toxicity of spinosad on common green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) larvae via ingestion technique under laboratory conditions. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.* 1–9.
- Messelink, G. J., R. Vijverberg, A. Leman, e A. Janssen. 2016.** Biological control of mealybugs with lacewing larvae is affected by the presence and type of supplemental prey. *BioControl* 61: 555–565.
- Nelder, A. J. A., e R. W. M. Wedderburn. 1972.** Generalized Linear Models. *J. R. Stat. Soc.* 135: 370–384.
- Ono, É. K., O. Z. Zanardi, K. F. Aguiar Santos, e P. T. Yamamoto. 2017.** Susceptibility of *Ceraeochrysa cubana* larvae and adults to six insect growth-regulator insecticides. *Chemosphere* 168: 49–57.

- Pakyari, H., e A. Enkegaard. 2015.** Sublethal effects of abamectin and fenprothrin on the consumption of *Tetranychus urticae* eggs by *Scolothrips longicornis*. *Syst. Appl. Acarol.* 20: 357–365.
- Pathan, A. K., A. H. Sayyed, M. Aslam, M. Razaq, G. Jilani, e M. A. Saleem. 2008.** Evidence of field-evolved resistance to organophosphates and pyrethroids in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Econ. Entomol.* 101: 1676–1684.
- Porcel, M., F. Ruano, B. Cotes, A. Peña, e M. Campos. 2013.** Agricultural management systems affect the green lacewing community (Neuroptera: Chrysopidae) in olive orchards in Southern Spain. *Environ. Entomol.* 42: 97–106.
- R Core Team. 2017.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Raupp, M. J., P. M. Shrewsbury, e D. A. Herms. 2010.** Ecology of herbivorous arthropods in urban landscapes. *Annu. Rev. Entomol.* 55: 19–38.
- Robertson, J. L., e H. K. Preisler. 1992.** Pesticide bioassays with arthropods. CRC Press, London, United Kingdom.
- Rugno, G. R., O. Z. Zanardi, e P. T. Yamamoto. 2015.** Are the pupae and eggs of the lacewing *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae) tolerant to insecticides? *J. Econ. Entomol.* 108: 2630–2639.
- Rugno, G. R., J. B. C. Rugno, P. A. Stansly, e P. T. Yamamoto. 2019a.** Pest management systems and insecticide tolerance of lacewings (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Econ. Entomol.* (in press).
- Rugno, G. R., O. Z. Zanardi, J. R. P. Parra, e P. T. Yamamoto. 2019b.** Lethal and sublethal toxicity of insecticides to the lacewing *Ceraeochrysa cubana*. *Neotrop. Entomol.* 48: 162.
- SAS Institute. 2002.** SAS User's Manual, Version 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Schuster, D. J., e P. A. Stansly. 2000.** Response of two lacewing species to biorational and broad-spectrum insecticides. *Phytoparasitica* 28: 297–304.

Singh, S. R., K. F. A. Walters, e G. R. Port. 2001. Behaviour of the adult seven spot ladybird, *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), in response to dimetoato residue on bean plants in the laboratory. Bull. Entomol. Res. 91: 221–226.

Stewart, C. D., S. K. Braman, e A. F. Pendley. 2002. Functional response of the azalea plant bug (Heteroptera: Miridae) and a green lacewing *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae), two predators of the azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae). Environ. Entomol. 31: 1184–1190.

Tauber, C. A., T. De León, N. D. Penny, e M. J. Tauber. 2000. The genus *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) of America North of Mexico: Larvae, adults, and comparative biology. Ann. Entomol. Soc. Am. 93: 1195–1221.

Tiwari, S., R. S. Mann, M. E. Rogers, e L. L. Stelinski. 2011. Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. Pest Manag. Sci. 67: 1258–1268.

Torres, J. B., e J. R. Ruberson. 2004. Toxicity of thiamethoxam and imidacloprido to *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) nymphs associated to aphid and whitefly control in cotton. Neotrop. Entomol. 33: 99–106.

Wells, P. M., J. Baverstock, S. J. Clark, F. M. Jiggins, H. E. Roy, e J. K. Pell. 2017. Determining the effects of life stage, shared prey density and host plant on intraguild predation of a native lacewing (*Chrysoperla carnea*) by an invasive coccinellid (*Harmonia axyridis*). BioControl 62: 373–384.

Zhang, W., e S. M. Swinton. 2009. Incorporating natural enemies in an economic threshold for dynamically optimal pest management. Ecol. Modell. 220: 1315–1324.

5. CONSUMO DE NINFAS DE *DIAPHORINA CITRI* (HEMIPTERA: LIVIIDAE) POR *CERAEOCHRYSA CUBANA* (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE)

Resumo

Ceraeochrysa cubana (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) é predador de pragas agrícolas e na citricultura não é conhecido o potencial de controle da praga chave, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Os objetivos com esse trabalho foram avaliar o desenvolvimento de *C. cubana* alimentando-se exclusivamente de *D. citri*, determinar a capacidade de predação de ninfas e a predação em condições de campo. Para a avaliação do desenvolvimento, foram comparados dois tratamentos: larvas de primeiro ínstar alimentadas com ninfas de *D. citri* e larvas alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Os parâmetros avaliados foram: viabilidade e duração larval e de pupa. A capacidade de predação foi avaliada pelo consumo de larvas de primeiro ínstar de *C. cubana* nas densidades de 1, 2, 4, 6, 10, 20 e 40 ninfas de *D. citri*, em 24 h. A predação da praga no campo foi estudado confinando uma larva de primeiro ínstar do predador em um ramo contendo diferentes estágios da praga (ovos, ninfas de 1° a 3° ínstar e ninfas de 4° a 5° ínstar) e avaliado a quantidade de adultos de *D. citri* emergidos. A viabilidade larval e pupal de *C. cubana* foi superior a 90% e houve maior duração do estágio larval quando alimentada com *D. citri* em comparação com as larvas que foram alimentadas de ovos de *E. kuehniella*. As larvas do predador alimentaram-se, período de 24 h, de 15 ninfas da praga em média. Em relação ao bioensaio de campo, as larvas confinadas com ovos de *D. citri* reduziram significativamente o número de adultos da praga emergidos. Com esses resultados, *C. cubana* mostrou ter potencial para ser utilizada em programas de manejo integrado de *D. citri*.

Palavras-chave: Manejo Integrado de Pragas, Controle Biológico, Bicho-Lixeiro, Psílideo

Abstract

Ceraeochrysa cubana (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) is a predator of agricultural pests and in citrus orchards the potential for control of the key pest, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), is not known. The goals of this work were to evaluate the development of *C. cubana* feeding exclusively on *D. citri*, to determine the predatory capacity of nymphs, and the predation under field conditions. For the evaluation of development, two treatments were compared: larvae of *C. cubana* feeding with *D. citri* nymphs and larvae feeding with *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. The parameters evaluated were larval and pupal viability and duration. Predation capacity was evaluated by the consumption of first instar larvae of *C. cubana* at densities of 1, 2, 4, 6, 10, 20 and 40 nymphs of *D. citri* in 24 h. Pest predation in the field was studied by confining a first instar larval of the predator in a branch containing different stages of the *D. citri* (eggs, nymphs of

1st to 3rd instar and nymphs of 4th to 5th instar) and evaluated the amount of pest adults emerged. Larval and pupal viability of *C. cubana* were higher than 90% and larval stage was longer when fed with *D. citri* compared to larvae fed *E. kuehniella* eggs. Larvae of *C. cubana* preyed 15 pest nymphs on average in 24 h. In relation to the field bioassay, the larvae confined with *D. citri* eggs and nymphs of 1st to 3rd instar significantly reduced the number of adults of the pest emerged. With these results, *C. cubana* showed to have potential to be used in *D. citri* integrated management programs.

Keywords: Integrated Pest Management; Biological Control; Debris-Carrying; Psyllid

5.1. Introdução

Ceraeochrysa cubana (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) é importante agente de controle biológico, podendo preda inúmeros insetos pragas da agricultura (Pappas et al. 2007). O estágio larval, único estágio com hábito predador, passa por três instares e pode consumir centenas de presas antes de atingir o estágio pupal (Messelink et al. 2016). A larva de primeiro instar dos crisopídeos é a de menor tamanho e, mesmo sendo pequena, é voraz, além de ser o estágio larval mais utilizado em liberações de programas de controle biológico aplicado (Tauber et al. 2000a, Jose-Pablo et al. 2017). Este crisopídeo está amplamente distribuído no continente americano, presente tanto na América do norte como do Sul (Tauber et al. 2000b, Freitas e Penny 2001). Nos EUA, essa espécie é a mais abundante nos pomares de citros (Muma 1959).

Por ser predador generalista, são relatadas várias espécies pragas da citricultura predadas por *Ceraeochrysa* spp., dentre elas, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (Contreras e Argumedo 2012). Esse psílídeo é a praga chave da citricultura mundial por ser vetor das bactérias associadas ao Huanglongbing (HLB) (Grafton-Cardwell et al. 2013). *Diaphorina citri* é um inseto sugador e as plantas de citros são seus hospedeiros tanto para alimentação como também para oviposição (Sétamou e Bartels 2015). As posturas são feitas nos brotos novos e as ninfas permanecem nessas brotações até a emergência dos adultos. O estágio ninfal passa por cinco instar antes de atingir o estágio adulto e, geralmente, em um único ramo encontra-se dezenas de ninfas (Sétamou e Bartels 2015). Ao se alimentar de plantas com HLB, as ninfas adquirem as bactérias e são inoculadas em outras plantas pelo estágio adulto (Grafton-Cardwell et al. 2013). As primeiras

plantas com HLB no estado da Flórida foram encontradas em 2005, e a doença, rapidamente foi disseminada pelo estado (Stansly et al. 2014).

O controle químico é a principal ferramenta utilizada para o controle populacional de *D. citri* na Flórida, EUA, e em São Paulo, Brasil (Belasque et al. 2010, Qureshi e Stansly 2010), os dois maiores produtores de laranjas no mundo e onde *C. cubana* está presente. A facilidade do uso e a quantidade de produtos disponíveis no mercado são grandes e isso contribui muito para a escolha dos agroquímicos como uma tática de controle. No manejo integrado de pragas, é fundamental monitorar a densidade populacional da praga e também determinar o estágio de desenvolvimento predominante antes da tomada de decisão no campo (Hall et al. 2007, Monzo et al. 2014). Os inseticidas devem ser empregados somente quando necessário, caso contrário, podem causar contaminação do ambiente, ressurgência de pragas alvo de controle, resistência das pragas aos inseticidas e surtos de pragas secundárias (Grafton-Cardwell et al. 2013).

O controle biológico de *D. citri* utilizando *C. cubana* pode ser uma alternativa no controle da praga, tanto para o controle biológico natural como para o aplicado. No entanto, são necessárias mais informações para explorar seu potencial no controle biológico de *D. citri*. Conhecer quantas ninfas o crisopídeo pode preda e o controle por esse predador é fundamental para traçar uma estratégia de manejo. Os objetivos com esse trabalho foram: 1) estudar o desenvolvimento de *C. cubana* predando *D. citri*, 2) determinar o número de ninfas da praga predadas por larvas de *C. cubana*; e 3) predação de *D. citri* em condições de campo.

5.2. Material e métodos

5.2.1. Criação de crisopídeos no laboratório

Foram realizadas 12 coletas de crisopídeos em dois pomares de citros na Universidade da Flórida, Immokalee, EUA, durante quatro semanas. Foram coletados aproximadamente 100 adultos de crisopídeos, todos da espécie *C. cubana*. Com esses espécimes foi estabelecida uma população de laboratório em Southwest Florida Research & Education Center. Os adultos foram mantidos em gaiolas de plástico com 10 cm de diâmetro x 20 centímetros de altura e alimentados

com levedura e mel na proporção de 1:1. Diariamente foram coletados ovos depositados pelas fêmeas e individualizados em tubos de vidro de 20 ml (Wheaton Industries Inc., Millville, New Jersey). As larvas foram alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) até o estágio de pupa. A população foi mantida em sala climatizada 25 °C, UR de 70% e fotoperíodo de 14 h L:10 h D.

5.2.2. Obtenção de *Diaphorina citri*

Os indivíduos de *D. citri* para os bioensaios foram obtidos da população de laboratório da UF, Immokalee. A criação foi mantida sobre planta de murta [*Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae)] livres de inseticidas, utilizadas como hospedeiro alimentar e de oviposição. As brotações com ovos e ninfas de *D. citri* foram utilizadas para a realização dos bioensaios.

5.2.3. Desenvolvimento de *Ceraeochrysa cubana* predando ninfas de *Diaphorina citri*

Para o bioensaio de desenvolvimento de *C. cubana* foram utilizados dois tratamentos, um com ninfas de *D. citri* e outro com ovos de *E. kuehniella*. As larvas do predador utilizadas no bioensaio eram recém eclodidas e não foram alimentadas antes do experimento. As ninfas da praga foram oferecidas em diferentes estádios de desenvolvimento e foram obtidas da população mantida no laboratório. Os ovos de *E. kuehniella* foram obtidos da Koppert, EUA, e colados em cartelas com cola não tóxicas a base de amido (goma arábica). A larva do predador foi colocada em tubos de vidro de 20 ml (Wheaton Industries Inc., Millville, New Jersey) e diariamente foram adicionadas de 20 a 50 ninfas de *D. citri* (dependendo o ínstar larval) ou cartelas contendo aproximadamente 500 ovos de *E. kuehniella*. Foram feitas 10 repetições e quatro blocos no tempo. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado.

As avaliações foram realizadas diariamente para determinar a duração e viabilidade dos estágios imaturos de *C. cubana* (larval e pupal).

5.2.4. Predação de *Diaphorina citri* por *Ceraeochrysa cubana* no campo

Foram utilizadas larvas de primeiro ínstar de *C. cubana* com no máximo 24 h de idade para a realização desse bioensaio. Foi selecionado um pomar de citros da variedade Valência com oito anos de idade, localizado dentro do Campus da Universidade da Flórida, Immokalee, EUA. As plantas não tiveram nenhum tratamento de produtos fitossanitários para controle de pragas. Larvas do predador foram confinadas em um dos seguintes cenários 1) ramos com predominância de ovos de *D. citri*, 2) ninfas de 1° a 3° ínstar e 3) ninfas de 4° a 5° ínstar. Para cada tratamento foi mantido um controle (ramo sem predador), completando seis tratamentos. Foi realizada uma contagem inicial do número de indivíduos em cada ramo utilizado e posteriormente, o ramo foi confinado com uma gaiola fabricada em tecido voil. Foram realizadas 15 repetições e utilizado o delineamento inteiramente casualizado.

Nas avaliações, quantificou-se o número final de adultos de *D. citri* em cada tratamento, realizadas aos 18 dias após o confinamento no tratamento com ovos, 15 dias após para o tratamento ninfas jovem e para ninfas velhas nove dias após o confinamento.

5.2.5. Quantidade predada de *Diaphorina citri* por *Ceraeochrysa cubana*

Para a realização desse bioensaio, foram utilizadas ninfas de *D. citri* de estágio aleatório (primeiro a quarto ínstar). Não foram utilizadas ninfas de quinto ínstar devido a possibilidade de haver emergência de adultos durante o experimento. Foram utilizados ramos com as densidades de 1, 2, 4, 6, 10, 20 e 40 ninfas de *D. citri*. Esses ramos foram transferidos em tubos de vidro de 20 ml (Wheaton Industries Inc., Millville, New Jersey) e, em seguida, liberada uma larva de primeiro ínstar de *C. cubana* com no máximo 24 h de idade e em jejum. Os tubos foram fechados com filme PVC. O bioensaio foi mantido em B.O.D. com temperatura de 25 °C, UR de 70% e fotoperíodo de 14 h L: 10 h D. Cada tratamento foi repetido 15 vezes. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado.

Após 24 h de confinamento, a larva do crisopídeo foi retirada e contado o número de ninfas predadas. Foram consideradas ninfas predadas aquelas que não apresentavam nenhum movimento após serem tocadas com um pincel.

5.2.6. Análises estatísticas

Os parâmetros biológicos de *C. cubana* foram analisados pelos modelos gerais linearizados (GLM) (Nelder e Wedderburn 1972) do tipo binomial para a viabilidade e do tipo Poisson para duração larval e pupal. Os dados foram avaliados usando um gráfico de meia-normal com envelope simulado (Hinde e Demétrio 1998).

Para verificar se houve diferenças entre os tratamentos de predação de *D. citri* pelas larvas de *C. cubana* foi comparado o número final de adultos por tratamento utilizando um modelo GLM com distribuição quasipoisson. Adicionalmente foi feita uma comparação mediante um teste t-student para amostras independentes ($P < 0,05$), comparando a proporção de adultos emergidos para cada situação com e sem o uso do predador. Todas as análises foram realizadas no programa estatístico R (R Core Team 2017).

5.3. Resultados

A duração do período larval foi mais longa quando *C. cubana* foi alimentado com *D. citri* ($F = 42,32$; $Gl = 1, 59$; $P = <0,001$), mas, não houve diferenças significativas da duração pupal ($F = 3$; $Gl = 1, 58$; $P = 0,08$) (Figura 1). Entretanto, não houve diferenças significativas na viabilidade larval ($F = 0,07$; $Gl = 1, 78$; $P = 0,78$) e pupal ($F = 0,12$; $Gl = 1, 61$; $P = 0,72$) em relação as larvas do predador alimentadas com ovos de *E. kuehniella*.

Figura 1. Duração (Dias) ($\pm$ EP), do desenvolvimento larval e pupal de *Ceraeochrysa cubana* ao se alimentar de *Diaphorina citri* ou *Ephestia kuehniella* em condições de laboratório. Barras com mesma letra não diferem significativamente ($P < 0,05$).

No bioensaio de predação de *D. citri* pelas larvas de *C. cubana* no campo houve diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 2). O número de adultos de *D. citri* emergidos foi menor quando as larvas do predador foram confinadas com ovos e ninfas de 1° a 3° ínstar da praga (Figura 2).

Em relação à capacidade de predação de *C. cubana*, foi encontrado que as larvas de primeiro ínstar apresentaram capacidade de predação em média 15 ninfas de *D. citri* em 24 h (Figura 3).

Figura 2. Média da porcentagem (%) ($\pm$ EP) de adultos de *Diaphorina citri* encontrados em brotações de citros no campo com e sem liberação da larva de primeiro ínstar de *Ceraeochrysa cubana* (uma larva): ovos (A), ninfas de 1°-3° ínstar (B) e ninfas de 4°-5° ínstar (C). Barras com * diferem significativamente do controle ($P < 0,05$).

Figura 3. Consumo ($\pm$ EP) de ninfas de *Diaphorina citri* em 24 h por larvas de primeiro ínstar de *Ceraeochrysa cubana* em condições de laboratório.

5.4. Discussão

Ceraeochrysa cubana tem capacidade de se alimentar de diversas pragas agrícolas como mosca branca, cochonilha e pulgão (Dean e Schuster 1995, Miller et al. 2004), e também de *D. citri* (Contreras e Argumedo 2012). Os resultados indicaram que a espécie pode preda e se desenvolver alimentando-se somente de *D. citri*, com viabilidade dos estágios larval e pupal acima de 90%. Entretanto, houve um alongamento no tempo de desenvolvimento das larvas do predador. Estudo realizado com *Ceraeochrysa valida* (Banks) (Neuroptera: Chrysopidae), espécie com grande importância na América central, indicaram desenvolvimento larval ainda maior, 18 dias, quando alimentadas com *D. citri* (Jose-Pablo et al. 2017).

As larvas de primeiro ínstar de *C. cubana* predaram em média 15 ninfas de *D. citri* em um período de 24 h. Essa voracidade da larva pode ser ainda maior nos demais ínstares larvais do predador. Segundo Jose-Pablo et al. (2017), as larvas de segundo e terceiro ínstar de *C. valida* são ainda mais vorazes do que as larvas de primeiro ínstar, podendo preda mais de 300 ninfas da praga. Esta característica é desejável em um inimigo natural utilizado no controle biológico da praga.

No campo, *C. cubana* apresenta grande capacidade em controlar *D. citri*. Quando as larvas de primeiro ínstar foram confinadas com ovos e ninfas de 1° a 3° ínstar da praga, houve maior redução no número de adultos de *D. citri* emergidos. Essa redução foi devido à quantidade de indivíduos predados. Em razão do menor tamanho dos ovos e ninfas de 1° a 3° ínstar da praga, o predador teve que consumir um número maior de indivíduos, comparado com o tratamento ninfas de 4° a 5° ínstar, para desenvolver, como também observado por Treacy et al. (1987), que estudaram a predação de crisopídeos sobre ovos e larvas de *Mamestra brassicae* (Linnaeus) (Lepidoptera: Noctuidae). Além dos adultos de *D. citri*, observou-se que houve desenvolvimento do predador, sendo encontrado larvas do crisopídeos no terceiro ínstar ou no estágio de pupa.

São poucos os trabalhos relacionados ao controle de *D. citri* por crisopídeos em campo. Em citros, larvas de crisopídeos foram referenciados como predadoras de *D. citri*, mas nem sempre a espécie do predador é identificada (Qureshi e Stansly 2009). Geralmente as espécies são relacionadas ao gênero *Ceraeochrysa* devido ao comportamento larval. Larvas de *Ceraeochrysa* têm o hábito de carregar o resto de suas presas sobre o dorso, sendo conhecidas popularmente como bicho-lixeiro. Durante as coletas dos adultos para estabelecer a população de laboratório, foram observadas larvas do predador carregando restos de *D. citri*, mas, por serem generalistas, as larvas do predador podem se alimentar de várias espécies de insetos praga, entre eles *D. citri*, contribuindo, portanto, para o controle populacional da praga.

O controle biológico de *D. citri* usando crisopídeos foi estudado no México (Palomares-Pérez et al. 2016). Liberações de larvas de *C. valida* reduziram a densidade populacional da praga e, além disso, observaram redução na taxa líquida de crescimento da praga na presença do predador. *Ceraeochrysa cubana*, além de mostrar potencial para controlar *D. citri*, tem maior tolerância a inseticidas em relação as espécies do gênero *Chrysoperla* como *Chrysoperla externa* e *Chrysoperla carnea*, duas espécies presentes nos agroecossistemas e comercializadas (Schuster e Stansly 2000, Tauber et al. 2000a, Rugno et al. 2019). Esse crisopídeo pode ser uma alternativa para o controle biológico, pois, o parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae), um dos principais inimigos naturais de *D. citri*, é sensível aos inseticidas e não é liberado nas

unidades de produção com adoção do sistema convencional de manejo de pragas dos citros (Beloti et al. 2015).

Ceraeochrysa cubana mostra potencial para ser utilizada em programas de manejo integrado de pragas dos citros na Florida. As larvas deste crisopídeo são capazes de predação e se desenvolver alimentando-se somente de *D. citri*, predando em média 15 ninfas do psilídeo por dia e contribuindo com a redução populacional da praga no campo.

REFERÊNCIAS

- Belasque, J., R. B. Bassanezi, P. T. Yamamoto, A. J. Ayres, A. Tachibana, A. R. Violante, A. T. Jr, F. Di Giorgi, F. E. A. Tersi, G. M. Menezes, J. Dragone, R. H. J. Jr, e J. M. Bové. 2010.** Lessons from Huanglongbing management in São Paulo state, Brazil. *J. Plant Pathol.* 92: 285–302.
- Beloti, V. H., G. R. Alves, D. F. D. Araújo, M. M. Picoli, R. de A. Moral, C. G. B. Demétrio, e P. T. Yamamoto. 2015.** Lethal and sublethal effects of insecticides used on citrus, on the ectoparasitoid *Tamarixia radiata*. *PLoS One*. 10: e0132128.
- Contreras, M. G. L., e J. J. Argumedo. 2012.** Identificación de enemigos naturales de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en el estado de Yucatán, México. *Fitosanidad*. 16: 5–11.
- Dean, D. E., e D. J. Schuster. 1995.** *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and *Macrosiphum euphorbiae* (Homoptera: Aphididae) as prey for two species of Chrysopidae. *Environ. Entomol.* 24: 1562–1568.
- Freitas, S., e N. D. Penny. 2001.** The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agro-ecosystems. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 52: 245–395.
- Grafton-Cardwell, E. E., L. L. Stelinski, e P. A. Stansly. 2013.** Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the Huanglongbing pathogens. *Annu. Rev. Entomol.* 58: 413–432.
- Hall, D. G., M. G. Hentz, e M. A. Ciomperlik. 2007.** A comparison of traps and stem tap sampling for monitoring adult Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *Florida Entomol.* 90: 327–334.
- Hinde, J., e C. G. B. Demétrio. 1998.** Overdispersion: Models and estimation. *Comput. Stat. Data Anal.* 27: 151–170.
- Jose-Pablo, R., J. A. Villanueva-Jiménez, M. de la C. Vargas-Mendoza, e A. Huerta-de-la-Peña. 2017.** Life cycle and larval predation by *Ceraeochrysa valida* (Banks) on nymphs of *Diaphorina citri* Kuwayama. *Southwest. Entomol.* 42: 61–72.

López-Arroyo, J. I., C. A. Tauber, e M. J. Tauber. 1999. Effects of prey on survival, development, and reproduction of trash-carrying chrysopids (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.* 28: 1183–1188.

Messelink, G. J., R. Vijverberg, A. Leman, e A. Janssen. 2016. Biological control of mealybugs with lacewing larvae is affected by the presence and type of supplemental prey. *BioControl.* 61: 555–565.

Miller, G. L., J. D. Oswald, e D. R. Miller. 2004. Lacewings and scale insects: A review of predator / prey associations between the Neuropterida and Coccoidea (Insecta: Neuroptera, Raphidioptera, Hemiptera). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 97: 1103–1125.

Monzo, C., J. A. Qureshi, e P. A. Stansly. 2014. Insecticide sprays, natural enemy assemblages and predation on Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Bull. Entomol. Res.* 104: 576–585.

Muma, M. H. 1959. Chrysopidae associated with citrus in Florida. *Florida Entomol.* 42: 21–29.

Nelder, A. J. A., e R. W. M. Wedderburn. 1972. Generalized linear models. *J. R. Stat. Soc.* 135: 370–384.

Palomares-Pérez, M., M. A. Ayala-Zermeno, B. Rodríguez-Vélez, J. de J. de la Cruz-Llanas, J. A. Sánchez-González, H. C. Arredondo-Bernal, e E. G. Córdoba-Urtiz. 2016. Abundancia y depredación de *Ceraeochrysa valida* (Neuroptera: Chrysopidae) sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en Colima, México. *Chil. J. Agric. Anim. Sci.* 32: 0–0.

Pappas, M. L., G. D. Broufas, e D. S. Koveos. 2007. Effects of various prey species on development, survival and reproduction of the predatory lacewing *Dichochrysa prasina* (Neuroptera: Chrysopidae). *Biol. Control.* 43: 163–170.

Qureshi, J. A., M. E. Rogers, D. G. Hall, e P. A. Stansly. 2009. Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. *J. Econ. Entomol.* 102: 247–256.

Qureshi, J. A., e P. A. Stansly. 2009. Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida citrus. *Biol. Control.* 50: 129–136.

Qureshi, J. A., e P. A. Stansly. 2010. Dormant season foliar sprays of broad-spectrum insecticides: An effective component of integrated management for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus orchards. *Crop Prot.* 29: 860–866.

R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Rugno, G. R., J. B. C. Rugno, P. A. Stansly, e P. T. Yamamoto. 2019. Pest management systems and insecticide tolerance of lacewings (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Econ. Entomol.* (in press).

Schuster, D. J., e P. A. Stansly. 2000. Response of two lacewing species to biorational and broad-spectrum insecticides. *Phytoparasitica.* 28: 297–304.

Sétamou, M., e D. W. Bartels. 2015. Living on the edges: Spatial niche occupation of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), in citrus groves. *PLoS One.* 10: e0131917.

Stansly, P. A., H. A. Arevalo, J. A. Qureshi, M. M. Jones, K. Hendricks, P. D. Roberts, e F. M. Roka. 2014. Vector control and foliar nutrition to maintain economic sustainability of bearing citrus in Florida groves affected by huanglongbing. *Pest Manag. Sci.* 70: 415–426.

Tauber, M. J., C. A. Tauber, K. M. Daane, e K. S. Hagen. 2000a. Commercialization of predators: Recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: Chrosoperla). *Am. Entomol.* 46: 26–38.

Tauber, C. A., T. De León, N. D. Penny, e M. J. Tauber. 2000b. The genus *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) of America North of Mexico: Larvae, adults, and comparative biology. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93: 1195–1221.

Treacy, M. F., J. H. Benedict, J. D. Lopez, e R. K. Morrison. 1987. Functional response of a predator (Neuroptera: Chrysopidae) to bollworm (Lepidoptera: Noctuidae) eggs on smoothleaf, hirsute, and pilose cottons. J. Econ. Entomol. 80: 376–379.