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

**Dinâmica de interações intraguilda em *Chrysoperla externa* (Neuroptera:
Chrysopidae), *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) com
Diaphorina citri (Hemiptera: Psyllidae)**

Ana Paula Magalhães Borges Battel

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

**Piracicaba
2016**

Ana Paula Magalhães Borges Battel
Licenciada em Ciências Biológicas

**Dinâmica de interações intraguilda em *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae),
Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae) com *Diaphorina citri* (Hemiptera:
Psyllidae)**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **WESLEY AUGUSTO CONDE GODOY**

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

Piracicaba
2016

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

Battel, Ana Paula Magalhães Borges

Dinâmica de interações intraguildd em *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae),
Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae) com *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) /
Ana Paula Magalhães Borges Battel. -- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr
6018 de 2011. -- Piracicaba, 2016.

92 p. : il.

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

1. Crisopídeo 2. Joaninha 3. Competição 4. Densidade de presas I. Título

CDD 595.747
B335d

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

À minha família que sempre esteve ao meu lado, “in memoriam” ao meu amado avô Luiz

Battel

AGRADECIMENTOS

Agradeço à todos que estiveram ao meu lado durante a execução deste trabalho.

À família por sempre me apoiar e estar ao meu lado em todos os momentos.

Aos meus amigos Abandonado, Patcheka, D-vassa, Manah, Tarta, Foka, apesar da distância e do rumo que cada um seguiu na vida, sempre mantivemos amizade.

Às meninas de casa, Angel, Judith, Larissa, Mari, Mariane, Micheline, Valiana pela amizade e companheirismo, sempre estarão presentes em meu coração.

Cris e Camila Sant' Ana pela longa e duradoura amizade a qual o tempo e a distância não puderam interferir na solidez de nossa amizade.

Camila Rodrigues pela nossa amizade iniciada da nossa parceria científica, embora distante, sempre presente.

Aos colegas de laboratório pelo auxílio na condução de experimento e pelos bons momentos de descontração. Em especial aos estagiários, Alexandre Maganin, Tayná Negri, Karina, Paulo César, sem a parceria de vocês este trabalho não teria sido realizado.

*À empresa Bug, Koppert e laboratório de Biologia de insetos pelo fornecimento de ovos de *Ephestia kuehniella*.*

*À colega Julianne Milléo pelo fornecimento de *Harmonia axyridis* para início da criação.*

Ao parceiro de trabalho e também amigo Rafael Moral, tanto pela amizade quanto por dar sentido a este trabalho através de ferramentas estatísticas.

À Esalq e ao Programa de pós-graduação em Entomologia e Acarologia pela oportunidade em expandir meu conhecimento.

Ao CNPq pelo apoio concedido.

Ao Wesley Godoy pela amizade e orientação ao longo destes anos de trabalho.

Aos integrantes da banca examinadora, agradeço por se disponibilizarem a avaliar este trabalho.

EPÍGRAFE

“O verdadeiro truque da vida não é estar no saber
mas estar no mistério”

a.d.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
Referências.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 Predação intraguilha em Agroecossistema.....	23
2.2 Citricultura no Brasil: pragas e o controle biológico.....	24
2.3 Distribuição geográfica e o controle biológico dos predadores <i>Harmonia axyridis</i> e <i>Chrysoperla externa</i>	26
2.4 Comportamento de <i>Harmonia axyridis</i> e <i>Chrysoperla externa</i> na busca e escolha por presas.....	28
Referências.....	30
3 ESCOLHA DE PRESA COM RISCO DE PREDACÃO INTRAGUILDA E CANIBALISMO.....	41
Resumo.....	41
Abstract.....	41
3.1 Introdução.....	42
3.2 Material e Métodos.....	44
3.2.1 Obtenção e manutenção de populações de <i>Diaphorina citri</i>	44
3.2.2 Obtenção e manutenção de populações de <i>Chrysoperla externa</i>	44
3.2.3 Obtenção e manutenção das populações de <i>Harmonia axyridis</i>	44
3.2.4 Teste de escolha entre larvas dos predadores <i>Harmonia axyridis</i> e <i>Chrysoperla externa</i>	45
3.2.4.1 Análise estatística.....	46
3.2.6 Teste de escolha utilizando-se adultos de <i>Harmonia axyridis</i>	46
3.2.6.1 Análise estatística.....	47
3.2.7 Teste sem escolha utilizando-se adultos de <i>Harmonia axyridis</i>	47
3.2.7.1 Análise estatística.....	47
3.3 Resultados.....	48
3.3.1 Teste de escolha entre larvas dos predadores <i>Harmonia axyridis</i> e <i>Chrysoperla externa</i>	48
3.3.2 Teste de escolha utilizando-se adultos de <i>Harmonia axyridis</i>	52
3.3.3 Teste sem escolha utilizando-se adultos de <i>Harmonia axyridis</i>	56

3.4 Discussão.....	59
3.5 Conclusões.....	62
Referências.....	62
4 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PREDACÃO INTRAGUILDA E CANIBALISMO EM DIFERENTES CONFINAMENTOS E DENSIDADE DE PRESA COMPARTILHADA.....	67
Resumo.....	67
Abstract.....	67
4.1 Introdução.....	68
4.2 Material e Métodos.....	69
4.2.1 Análise Estatística.....	70
4.3 Resultados.....	70
4.4 Discussão.....	72
4.5 Conclusões.....	73
Referências.....	73
5 DESENVOLVIMENTO BIOLÓGICO E DESEMPENHO DE PREDADORES INTRAGUILDA EM DIFERENTES PRESAS.....	77
Resumo.....	77
Abstract.....	78
5.1 Introdução.....	78
5.2 Material e Métodos.....	81
5.2.1 Análise Estatística.....	82
5.3 Resultados.....	82
5.4 Discussão.....	86
5.5 Conclusões.....	88
Referências.....	89
Prestação de Contas.....	94

RESUMO

Dinâmica de interações intraguilda em *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae), *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) com *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae)

A necessidade por recursos alimentares move os insetos predadores na busca por presas, para garantir a sobrevivência. Existem vários fatores que podem influenciar o comportamento de busca e escolha por presas e, sob determinadas circunstâncias, o inseto pode escolher se alimentar de presas não alvo, como, por exemplo, inimigos naturais e assim prejudicar a população de organismos benéficos. Garantir a estabilidade do agroecossistema é uma forma de manter as populações de pragas em níveis compatíveis com a ação de inimigos naturais e, conseqüentemente obter o sucesso no controle biológico. Programas bem sucedidos de manejo de pragas requerem previamente a realização de estudos sobre comportamento de insetos. Com o intuito de compreender os fatores que governam o comportamento predatório e as interações ecológicas entre *Harmonia axyridis* e *Chrysoperla externa*, considerando a presença de *Diaphorina citri* como presa, objetivou-se estudar o efeito de interações intraguilda sobre a predação de *D. citri*, experimentalmente e utilizando modelos estatísticos para compreender a dinâmica de interações tróficas no contexto de potenciais guildas presentes em citros. Três experimentos distintos foram realizados para investigar o comportamento dos insetos predadores. Foram realizados testes com escolha entre larvas dos predadores *C. externa* e *H. axyridis* e testes com e sem escolha comparando machos e fêmeas do predador *H. axyridis*, a fim de investigar padrões de escolha de presas. O segundo experimento foi realizado para investigar o comportamento predatório entre larvas de segundo instar dos predadores sob diferentes densidades de *D. citri* como presa. As combinações foram: sem escolha de presas intraguilda, combinações com escolha de presas intraguilda e combinações com a presença de dois predadores da mesma espécie para possibilitar o canibalismo. As densidades de *D. citri* utilizadas foram 5, 10, 15, 30, 60, 80. No último experimento avaliou-se a interação entre larvas de *C. externa* e *H. axyridis*, ao longo do desenvolvimento, simulando a existência de apenas uma presa, como fonte de alimento. O desenvolvimento dos predadores foi avaliado e comparado utilizando-se duas presas diferentes, ninfas de *D. citri* e ovos de *Ephestia kuehniella* para cada larva de primeiro instar dos predadores *C. externa* e *H. axyridis*. As combinações de predadores foram as mesmas citadas no experimento anterior. Observou-se a duração do desenvolvimento larval nas diferentes combinações de predadores e presa, bem como o percentual de predações intraguilda e canibalismos ocorridos. Nem a densidade de presas, nem o tipo de presa ofertada influenciou o comportamento das larvas dos predadores para a realização de predação intraguilda ou canibalismo. O principal fator foi a diferença de idade que reflete no tamanho dos predadores, podendo direcionar a predação intraguilda ou o canibalismo e até mesmo acelerar o ciclo de desenvolvimento do predador intraguilda envolvido. Predadores em estágio inicial de vida buscaram por qualquer tipo de presa para garantir sua sobrevivência, não demonstrando qualquer padrão em suas escolhas. No caso dos adultos de *H. axyridis*, há diferença de comportamento entre os sexos, dependendo da densidade de presas disponíveis, fêmeas poderão ser mais ágeis na busca e consumo de presas.

Palavras-chave: Crisopídeo; Joaninha; Competição; Densidade de presas

ABSTRACT

Dynamic of intraguild interaction of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae), *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) with *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae)

The need for food, move insects in searching for their prey. There are several factors influencing prey search and choice. There are circumstances that insect may choose to feed on non-target prey as for instance, natural enemies and, consequently harm beneficial organisms. When ensuring agroecosystem stability it is important to maintain the stability of the prey and natural enemies, providing conditions for a succesful biological control. The first step is conducting studies about the insect behavior. The aim of this work was to study the effect of the intraguild interaction by doing experiments and using statistical models to understand the dynamics of trofic interactions in the context of potential guilds present in citrus. We conducted three experiments. Prey choice tests were evaluated between *Chrysoperla externa* e *Harmonia axyridis* larvae and prey choice and no choice tests between *H. axyridis* adults, with the aim of understanding if there is a standard behavior or if the choose for prey would be a random behavior. The second test was performed to evaluate the predatory behavior in second instar larvae of the two predators on different prey density. The test was conducted in *Petri* dishes and the comparisons between the combinations of predators by using different proportions of *Diaphorina citri* as prey. The treatments compared in the study were predators confined with intraguild prey in *Petri* dishes, designing combinations with and without intraguild prey choice and combinations with two conspecifics predators to consider cannibalism. The third experiment was designed to evaluate the interaction between *C. externa* and *H. axyridis*, simulating the existence of only a prey as food source. *D. citri* and *Ephestia kuehniella* were separately confined with predators and offered to the first instar larvae of predators. The predator combinations were the same previously mentioned. It was evaluated the time for immature stage, number of cannibalism and intraguild predation. In this study, neither prey density nor prey species offered influenced the larvae behavior with respect to intraguilda predation or cannibalism. The age structure of larvae could conduct the intraguild predation or cannibalism and even accelerate the development of the intraguild predator. Newly hatched larvae searched for any kind of prey to survive; they did not show any pattern in their choices. In case of *H. axyridis* adults, there is difference in the behavior between males and females. Depending on prey amount, females can be faster than males in searching and consumming their prey.

Keywords: Green lacewing; Ladybug; Competition; Prey density

1 INTRODUÇÃO

O termo guilda refere-se à parte da comunidade na qual um grupo de indivíduos de diferentes espécies exploram os recursos de forma semelhante (ROOT, 1967). A predação intraguilda, interação de alta relevância para programas de controle biológico de pragas (ROSENHEIM et al., 1995), emerge geralmente de relações competitivas, com espécies pertencendo, no entanto, a uma mesma guilda (POLIS; MYERS, 1989). A predação intraguilda é encontrada em muitos sistemas tróficos e pode afetar negativamente espécies envolvidas, principalmente caso uma delas esteja sendo utilizada em programas de controle biológico (FINKE; DENNO, 2004; FINKE; DENNO, 2005; TAKIZAWA; SNYDER, 2011). Diversos estudos têm enfatizado as interações predador-presa nos sistemas agrícolas. Contudo, no Brasil, a maioria deles foca na capacidade de predação, resposta funcional e desenvolvimento larval com diferentes presas (FONSECA et al., 2000; FIGUEIRA; LARA, 2004).

Harmonia axyridis (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) é reconhecida como espécie com alta taxa de colonização e grande potencial para competir com espécies nativas de predadores, podendo ser prejudicial para os inimigos naturais já estabelecidos. Considerando a priori a sua eficiência de predação, sua introdução poderia ser aparentemente vantajosa. No entanto, sob o ponto de vista de interações ecológicas, a espécie pode deslocar espécies nativas já estabelecidas, graças ao alto potencial interativo (MICHAUD, 2002b). Não se conhece até o momento, os benefícios ou efeitos negativos de sua ocorrência no Brasil sobre outras espécies de predadores, incluindo espécies de outros grupos taxonômicos utilizados em programas de manejo de pragas, como por exemplo, os crisopídeos.

Os crisopídeos são insetos regularmente presentes em diversos ambientes e cultivares, sendo considerados importantes por predarem diferentes espécies de pragas (CANARD, 2007). Dentro da família Chrysopidae, destacam-se os gêneros *Ceraeochrysa* e *Chrysoperla*, os mais abundantes. As espécies do gênero *Chrysoperla* são as mais utilizadas em programas de controle biológico na região Paleártica (HENRY; WELLS, 2007) e Neotropical (FREITAS, 2001). *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) é a espécie que mais se destaca, devido à sua ampla distribuição geográfica, presença em diversos agroecossistemas e alta capacidade predatória, bem como tolerância a diversos agroquímicos (ADAMS, 1983; ADAMS; PENNY, 1985; FREITAS, 2002; BRETTEL, 1982; BATTEL, 2011). Crisopídeos pertencentes ao gênero *Chrysoperla* e o coccinelídeo *H. axyridis* são potenciais competidores por presas e podem, em decorrência

disso, apresentar comportamento de predação intraguilda (PHOOFOLO; OBRYCKI, 1998; MIZELL, 2007). Ambos os predadores, podem ser encontrados em diferentes culturas agrícolas em busca de presas para a subsistência populacional.

A cultura do citros no Brasil é uma das mais importantes sob o ponto de vista econômico, liderando o mercado mundial produtor de laranja e exportador de suco concentrado (TURRA, 2005; FAO, 2008; UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2016). A produção brasileira de laranja para a safra 2015/2016 está ao redor de 16 milhões de toneladas, produção alta quando comparada com a China que lidera a segunda posição com uma produção em torno de 7 milhões de toneladas (USDA, 2016). No Brasil, o Estado de São Paulo detém a maior produção de laranja, estimada ao redor de 11 milhões de toneladas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2016).

Para atender a alta demanda de mercado as produções ocorrem em larga escala, favorecendo o aparecimento de inúmeras pragas e consequentemente aumento no número de aplicações de defensivos químicos. Dentre os efeitos indesejáveis desta prática estão o impacto significativo da toxicidade dos produtos sobre o ambiente (PIMENTEL et al., 1992) e sobre a entomofauna (YAMAMOTO; BASSANEZI, 2003; STARK et al., 2004) não associada ao dano econômico, além da resistência dos insetos às formulações sintéticas (CASIDA; QUISTAD, 1998; CALVERT et al., 2001; FRANCO et al., 2007; CASARIN, 2010). A eminente necessidade de reformulação de normas internacionais no tocante à utilização de métodos alternativos de controle de pragas, ou mesmo o incentivo à utilização de produtos alternativos no mercado interno, cria demanda emergencial para a inovação no manejo de pragas na citricultura.

A citricultura brasileira é um sistema complexo, que apresenta alta diversidade de pragas, tais como: cochonilhas, coleobrocas, pulgões, psilídeos, minador-do-citros, cigarrinhas, mosca-das-frutas, ácaros, bicho-furão, mosca-negra, dentre outras (GRAVENA, 1984; PINTO, 1995; PARRA et al, 2003). Dentre os principais problemas ocasionados por pragas são frequentes os danos diretos, ocasionados por injúrias na planta ou frutos, e indiretos, decorrentes da transmissão de patógenos. As pragas mais importantes no tocante a danos diretos na atualidade são o bicho-furão *Gymnandrosoma aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidoptera: Tortricidae), devido aos danos causados em frutos, inviabilizando a comercialização e a mosca-negra-do-citros, *Aleurocanthus woglumi* (Ashby, 1915) (Hemiptera: Aleyrodidae), provocando danos devido à sucção de seiva e formação de fumagina. Contudo, outros insetos são também importantes, principalmente pelos seus danos

indiretos ocorridos devido a inoculação de patógenos. Destacam-se as doenças: cancro cítrico, causado pela bactéria *Xanthomonas citri* Subesp. *citri* tendo o minador dos citros *Phyllocnistis citrella* (Stainton, 1856) (Lepidoptera: Gracillariidae) como facilitador da doença, devido às injúrias ocasionadas às quais facilitam a entrada da bactéria; clorose variegada dos citros (CVC) causado pela bactéria *Xylella fastidiosa*, tendo como vetor as inúmeras espécies de cigarrinhas do citros; leprose dos citros e seu vetor, o ácaro-da-leprose do-citros *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1936) (Acari: Tenuipalpidae) recentemente descoberto se tratar de um complexo de ácaros no qual predomina-se em citros a espécie *Brevipalpus yothersi* (BEARD, et al., 2015), e atualmente o problema mais severo, o Huanglongbing (HLB), associado à bactéria *Candidatus Liberibacter* spp que tem o psílídeo *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908) (Hemiptera: Psyllidae) como principal vetor (SALIBE; CORTEZ, 1966; BELASQUE JUNIOR et al. 2010).

O psílídeo *D. citri*, possui origem asiática e ampla distribuição geográfica nos continentes asiático e americano (HALBERT; NUÑES, 2004; BOVÉ, 2006). No Brasil, está presente desde a década de 40, no entanto, a doença HLB somente foi diagnosticada em 2004 em pomares na região de Araraquara-SP, e à partir de então, tornou-se uma das principais pragas na citricultura (GALLO et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2005). Além de plantas citrícolas, o psílídeo *D. citri* também tem a murta (*Murraya paniculata*) como planta hospedeira, à qual foi muito utilizada como cerva viva em citros. Atualmente foi proibida sua utilização devido a também ser hospedeira das formas asiática e americana da bactéria (HALBERT; MANJUNAH, 2004; LOPES, et al., 2005; 2006).

Embora a citricultura apresente um complexo de pragas, os inimigos naturais presentes também apresentam considerável diversidade, sobretudo dentre os artrópodes como, por exemplo, parasitóides e predadores (PARRA et al., 2003). Crisopídeos e coccinelídeos são constantemente encontrados em áreas citrícolas desempenhando papel importante na predação, principalmente, de pulgões, cochonilhas e ácaros (FREITAS; FERNANDES, 1996; MICHAUD, 2000b). Apesar disso, pouco se conhece das relações tróficas destas espécies no cenário experimental. As possibilidades de interações entre os insetos que frequentam pomares e adjacências são diversas, incluindo relações competitivas e processos interativos derivados como, por exemplo, a predação intraguilha, que tem relevância para o cenário de manejo de pragas (ROSENHEIM et al., 1995).

Com o intuito de compreender os fatores que governam o comportamento predatório e as interações ecológicas de *H. axyridis* e *C. externa* considerando a presença de *D. citri*, objetivou-se estudar o efeito de interações intraguilha sobre a predação de sua praga citrícola,

experimentalmente e utilizando modelos estatísticos para compreender a dinâmica de interações tróficas no contexto de potenciais guildas presentes em citros.

Especificamente pretendeu-se:

(1) Investigar experimentalmente o hábito predatório expresso pela preferência alimentar de *C. externa* e *H. axyridis* sobre suas respectivas fases imaturas, e também sobre *D. citri*,

(2) Estudar o comportamento dos predadores *C. externa* e *H. axyridis* variando-se a densidade de presa e juntamente, observar o comportamento quando na presença de dois predadores da mesma espécie, e predadores de espécies diferentes,

(3) Analisar e comparar o desempenho e desenvolvimento dos predadores, na presença de indivíduos da mesma espécie e espécies diferentes, quando alimentados, durante a fase imatura, com ninfas de *D. citri* ou *Ephestia Kuehniella*

Referências

ADAMS, P.A. A new subspecies of *Chrysoperla externa* (Hagen) from Cocos Island, Costa Rica (Neuroptera: Chrysopidae). **Bulletin of Southern California Academy Science**, Columbia, v. 82, n. 1, p. 42-45, 1983.

ADAMS, P.A.; PENNY, N.D. Neuroptera of the Amazon basin. Part IIa. Introduction and *Chrysopini*. **Acta Amazonica**. Manaus, v. 15, p. 413-479, 1985.

BATTEL, A.P.M.B. **Dinâmica de predação e resposta funcional em *Chrysoperla externa* citricultura orgânica**. 2011. 29 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

BEARD, J.J.; OCHOA, R.; BRASWELL, W.E.; BAUCHAN, G.R. *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) species complex (Acari: Tenuipalpidae)—a closer look. **Zootaxa**, Nova Zelândia, v. 1, p. 1-67, 2015.

BELASQUE JUNIOR, J.; BARBOSA, J.C.; MASSARI, C.A.; AYRES, A.J. Incidência e distribuição do *huanglongbing* no estado de São Paulo, Brasil. **Citrus Research and Technology**, Cordeirópolis, v.31, p. 1-9, 2010.

BOVÉ, J.M. Huanglongbing: a destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 88, p.7-37, 2006.

BRETTEL, J.H. Green lacewings (Neuroptera, Chrysopidae) of cotton fields in central Zimbabwe.3. Toxicity of certain acaricides, aphicides and pyrethroids to larvae of *Chrysopa boninensis* Okamoto, *Chrysopa-congrua* Walker and *Chrysopa-pudica* Navas. **Zimbabwe Journal of Agricultural Research**, Mount Pleasant Harare, v. 22, p. 133-139, 1982.

CALVERT, G.M.; SANDERSON, W. T.; BAMMET, M.; BLONDELL, J.M.; MEHLER, L.N. Surveillance of pesticide-related illness and injury in humans. In: KRIEGER, R. (Ed.). **Handbook of pesticide toxicology**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2001. v. 1, p. 603-641.

CANARD, M. Natural food and feeding habits of lacewings. In: McEWEN, P.K.; NEW, T.R.; WHITTINGTON, A.E. (Ed.). **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. chap. 6, p. 116-130.

CASARIN, N.F.B. **Calda sulfocálcica em pomares de citros: evolução da resistência em *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) e impacto sobre *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae)**. 2010. 39 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

CASIDA, J.E.; QUISTAD, G. B. Golden age of insecticide research: past, present, or future? **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 43, p. 1–16, 1998.

FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

FIGUEIRA, L.K; LARA, F.M. Relação predador: presa de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) para o controle do pulgão-verde em genótipos de sorgo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 447-450, 2004.

FINKE, D.L.; DENNO, R.F. Predator diversity dampens trophic cascades. **Nature**, London, v. 429, p. 407-410, 2004.

FINKE, D.L.; DENNO, R.F. Predator diversity and the functioning of ecosystems: the role of intraguild predation in dampening trophic cascades. **Ecology Letters**, Oxford, v. 8, p. 1299-1306, 2005.

FRANCO, C.R.; CASARIN, N.F.B.; DOMINGUES, F.A.; OMOTO, C. Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) e acaricidas inibidores da respiração celular em citros: resistência cruzada e custo adaptativo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, p. 565-576, 2007.

FREITAS, S. **O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 66 p.

FREITAS, S. O uso de Crisopídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. Barueri: Manole, 2002. p. 209-219.

FREITAS, S.; FERNANDES, O.A. Crisopídeos em agroecossistemas. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 5., 1996, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1996. p. 283-293.

FONSECA, A.R.; CARVALHO, C.F.; SOUZA, B. Resposta Funcional de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) Alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica Brasileira**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 309-317, 2000.

FUNDECITRUS. Disponível em: < <http://www.fundecitrus.com.br/>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA-NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI-FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GRAVENA, S. Manejo integrado de pragas dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 5, p. 323-361, 1984.

HALBERT, S.E.; MANJUNAH, K.L. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assesment of risc in Florida. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 87, n.3, p.330-353, 2004.

HALBERT, S.E.; NUÑEZ, C.A. Distribution of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchota: Psyllidae) in the Caribbean basin. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 83, p. 401-402, 2004.

HENRY, C.S.; WELLS, M.M. Can what we don't know about lacewing systematics hurt us? A cautionary tale about mass rearing and release of "*Chrysoperla carnea*" (Neuroptera: Chrysopidae). **American Entomologist**, San Francisco, v. 53, n. 1, p. 42-47, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?z=t&o=26&i=P>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

LEVIN, S.A.; GRENFELL, B.; HASTINGS, A.; PERELSON, A.S. Mathematical and computational challenges in population biology and ecosystems science. **Science**, London, v. 275, p. 334-343, 1997.

LOPES, S.A.; MARTINS, E.C.; FRARE, G.F. Detecção de *Candidatus liberibacter asiaticus* em *Murraya paniculata*. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 31, p. 48-49, 2005.

LOPES, S.A.; MARTINS, E.C.; FRARE, G.F. Detecção de *Candidatus liberibacter americanus* em *Murraya paniculata*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 303, 2006.

MARTINS, B.C.; ALMEIDA, L.M.; ZONTA-de-CARVALHO, R.C.; CASTRO, C.F.; PEREIRA, R.A. Harmonia axyridis: a threat to Brazilian Coccinellidae? **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 53, n. 4, p. 663-671, 2009.

MCCLURE, M.S. Potential of the Asian predator *Harmonia axyridis* (Pallas, Coleoptera: Coccinellidae), to control *Matsucoccus resinosae* bean and godwin (Homoptera: Margarodidae) in the United States. **Environmental Entomology**, College Park, v. 16, p. 224-230, 1987.

MICHAUD, J.P. A review of the literature on *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 81, n. 1, p. 37-61, 1998.

- MICHAUD, J.P. Development and reproduction of ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae) on the citrus aphids *Aphis spiraecola* patch and *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). **Biological Control**, Orlando, v. 18, n. 3, p. 287-297, 2000a.
- MICHAUD, J.P. The Asian citrus psyllid, *Diaphorini citri*, and its natural enemies. **Citrus Industry**, Trampa, v. 8, p. 42-44, 2000b.
- MICHAUD, J.P. Biological control of Asian Citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Florida: a preliminary report. **Entomological News**, Philadelphia, v. 113, n. 3, p. 216-222, 2002a.
- MICHAUD, J.P. Invasion of the Florida citrus ecosystem by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and asymmetric competition with a native species, *Cycloneda sanguinea*. **Environmental Entomology**, College Park, v. 31, n. 5, p. 827-835, 2002b.
- MIZELL, R.F. Impact of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on native arthropod predators in pecan and crape myrtle. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 90, n. 3, p. 524-536, 2007.
- PARRA, J.R.P.; NEGRI, H.O.; PINTO, A.S. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos dos citros**. Piracicaba: ESALQ, 2003. 140 p.
- PHOOFOLO, M.W.; OBRYCKI, J.J. Potential for intraguild predation and competition among predatory Coccinellidae and Chrysopidae. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 89, p. 47-55, 1998.
- PINTO, W.B.S. Coleobrocas e cochonilhas dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 16, n. 2, p. 87-95, 1995.
- PIMENTEL, D.; ACQUAY, H.; BILTONEM, M.; RICE, P.; SILVA, M.; NELSON, J.; LIPNER, V.; GIORDANO, S.; HOROWITZ, A.; D'AMORE, M. Environmental and economic costs of pesticide use. **Bioscience**, Washington, v. 42, n. 10, p. 750-760, 1992.
- POLIS, G.A.; MYERS, C.A. The ecology and evolution of intra guild predation: potential competitors that eat each other. **Annual Review Ecology and Systematic**, New York, v. 20, p. 297-330, 1989.
- ROOT, R.B. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. **Ecological Monographs**, Lawrence, v. 37, p. 317-350, 1967.
- ROSENHEIM, J.A.; KAYA, H.K.; EHLER, L.E.; MAROIS, J.J.; JAFFEE, B.A. Intraguild predation among biological-control agents: theory and evidence. **Biological Control**, Orlando, v. 5, n. 3, p. 303-335, 1995.
- SALIBE, A.A.; CORTEZ, R.E. Leaf mottling- a serious virus disease of citrus in the Philippines. In: Proceedings of the International Organization of Citrus Virologists, Italia, Gainesville: University of Florida Press, outubro, p. 131-136, 1966.

STARK, J.D.; BANKS, J.E.; ACHEAMPONG, S. Estimating susceptibility of biological control agents to pesticides: influence of life history strategies and population structure, **Biological Control**, Orlando, v. 29, n. 3, p. 392-398, 2004.

TAKIZAWA, T.; SNYDER, W. Cannibalism and intraguild predation of eggs within a diverse predator assemblage. **Environmental Entomology**, College Park, v. 40, n. 1, p. 8-14, 2011.

TEIXEIRA, D.C.; AYRES, J., KITAJIMA, E.W.; TANAKA, F.A.O.; DANET, L.; JAGOUÉIX-EVEILLARD, S.; SAILLARD, C.; BOVÉ, J.M. First report of a huanglongbing-like disease of citrus in Sao Paulo State, Brazil and association of a new liberibacter species, "*Candidatus Liberibacter americanus*", with the disease. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 1, p. 107, 2005.

TURRA, C. **Elementos químicos como critério de discriminação de citros orgânico de convencionais**. 2005. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. Acesso em: 16 fev. 2016

YAMAMOTO, P.T.; BASSANEZI, R.B. Seletividade de produtos fitossanitários aos inimigos naturais de pragas dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 2, p. 353-382, 2003.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Predação intraguilda em Agroecossistema

As interações entre os indivíduos podem se dar de várias maneiras, prejudicando, favorecendo ou sendo indiferente em relação a ambas ou apenas uma das espécies envolvidas, no caso de interações com até duas espécies. As interações mais importantes entre os indivíduos são: competição (--), mutualismo (++), comensalismo (+0), amensalismo (-0) e predação/parasitismo (+-). A predação intraguilda é uma combinação de competição e predação, na qual duas espécies diferentes competem por um mesmo recurso, e uma delas ou ambas predam seu competidor (POLIS; MYERS, 1989). Esse tipo de interação entre predadores pode não ser vantajosa dentro do controle biológico devido a diminuição potencial da eficiência no consumo de presas e ainda por deslocar os inimigos naturais presentes na área, podendo até eliminar uma das espécies envolvidas (POLIS et al., 1989; ROSENHEIM et al., 1995; ROSA et al., 2006). O lado benéfico relacionado à presença de dois predadores seria aumentar o número de presas consumidas, no entanto, essas relações variam entre espécies e estágios de vida do inseto (LAW; ROSENHEIM, 2011; TAKIZAWA; SNYDER, 2011).

Dentro do grupo dos insetos que apresenta grande potencial para predação intraguilda em agroecossistemas, *Harmonia axyridis* se destaca (CHAPIN; BROU, 1991; MARTINS et al., 2009; NEDVĚD; KREJČÍK, 2010). Além do potencial de *H. axyridis* na citricultura, predando importantes pragas, a espécie pode exercer impacto negativo sobre a população de predadores nativos. Na Flórida já foi constatada drástica diminuição do coccinelídeo nativo *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) relacionada a aumento significativo de *H. axyridis* (MICHAUD, 2002b). Além de ser um inseto mais voraz, *H. axyridis* possui vantagens no contexto de predação intraguilda sobre *C. sanguinea*, ou seja, as larvas de *H. axyridis* são capazes de completar seu desenvolvimento apenas com *C. sanguinea* como fonte de alimento. Sendo que o mesmo não ocorre com *C. sanguinea* e o confinamento das duas espécies resulta geralmente na exclusão de *C. sanguinea* (MICHAUD, 2002b). Há evidências de que *H. axyridis* se beneficia dos ovos de *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (Neuroptera: Chrysopidae), importante inimigo natural em citros nos EUA, como fonte alternativa de alimento (PHOOFULO; OBRYCKI, 1998; SZENTKIRÁLYI, 2001). Além de ter outros competidores como presas alternativas, o canibalismo presente em *H. axyridis*, quando em presença de alimentos com qualidade nutricional baixa ou tóxicos, garante o desenvolvimento dos imaturos da espécie e,

consequentemente, sua sobrevivência em campo, mesmo em condições desfavoráveis (SNYDER et al., 2000).

Além desse coccinelídeo, os crisopídeos também são predadores importantes e frequentemente utilizados no controle biológico de pragas, alimentando-se de afídeos, cochonilhas, psilídeos e mosca branca (FREITAS; FERNANDES, 1996; SOARES et. al., 2002) e sendo facilmente mantidos em laboratório (FREITAS, 1992). Como *H. axyridis*, os crisopídeos também podem atingir os inimigos naturais de acordo com o instar em que forem liberados e com a densidade de presas, ou seja, podem apresentar o comportamento de predação intraguilda (ROSENHEIM et al., 1993; LUCAS et al., 1998; PHOOFOLLO; OBRYCKI, 1998). Entre as espécies de crisopídeos, *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) e *C. externa* são espécies comumente presentes em citros (SOUZA; CARVALHO, 2002; PARRA et al., 2003). As duas espécies de crisopídeo podem exibir predação intraguilda sendo que *C. externa* se sobressai sobre *C. cubana* por apresentar maior sobrevivência mesmo quando em adensamentos (SOUZA et al., 2008).

Ambos os predadores, *C. externa* e *H. axyridis*, apresentam potencial para comportamento de predação intraguilda relacionado a outras espécies sugerindo que, entre eles também possa existir esse tipo de comportamento. Ambas espécies são vorazes, generalistas e frequentemente encontradas em citros e dentro do contexto de controle biológico de pragas é de grande importância a realização de estudos com a finalidade de minimizar os efeitos desse tipo de interação ecológica para assim mantê-los na área atuando no controle de pragas.

2.2 Citricultura no Brasil: pragas e o controle biológico

O psilídeo asiático-do-citros ganhou *status* de praga importante em 2004, quando foram observadas plantas com sintomas de uma doença causada por bactérias e, atualmente, tem sido considerado inseto prejudicial na citricultura devido à morte de milhares de plantas e rápida disseminação da doença em pomares de citros. Em 2015 cerca de 17,89% das plantas foram infectados, comprometendo a produtividade dos pomares (FUNDECITRUS, 2016). Nos EUA, o cenário é ainda pior, recentemente foi estimada uma redução de 41% na produção de laranja entre 2011 e 2016 devido a doença HLB (USDA, 2016). Essa é uma doença de origem asiática ocasionada pelas bactérias *Candidatus Liberibacter asiaticus* (atualmente predominante) e *Candidatus Liberibacter americanus* (COLLETA-FILHO et al., 2004; TEIXEIRA et al., 2005), bactérias restritas ao floema. O tipo de transmissão do patógeno é definida como persistente circulativa, com persistência relacionada ao tempo em

que o inseto consegue manter a capacidade de transmissão. Já o termo circulativo, diz respeito ao patógeno ser capaz de circular no vetor, não se restringindo apenas ao estomodeu ou peças bucais.

Tanto ninfas do psíldeo quanto adultos podem adquirir as bactérias. No entanto, há maior capacidade de aquisição e inoculação da bactéria em ninfas do 3º ao 5º instar e maior chance de aquisição em brotos da planta devido a maior facilidade do inseto em atingir o floema da planta (XU et al., 1988; VICHIN NETO et al., 2008). Com relação à eficiência de aquisição da bactéria nos diferentes estágios do psíldeo, as ninfas se sobressaem, pois necessitam de menor tempo de alimentação em plantas infectadas (TOMASETO et al., 2010). Além disso, após a aquisição da bactéria as ninfas podem continuar a transmiti-la durante a fase adulta (INOUE et al., 2009). Por esses motivos, é muito importante buscar diferentes formas de controlar tanto adultos quanto ninfas para assim diminuir a disseminação da doença.

Os sintomas do Huanglongbing (HLB), também conhecido como Greening, podem ser caracterizados pela deformação de frutos, maturação irregular, assimetria e abortamento de sementes (BASSANEZI et al., 2006a). Já nas folhas podem-se observar sintomas como a clorose e mosqueado foliar, além de plantas pouco desenvolvidas (“enfazamento”) (BOVÉ, 2006). O manejo da doença é feito com o monitoramento e controle do inseto vetor e das plantas pela verificação da presença dos sintomas da doença, que em caso positivo, resulta na eliminação de plantas doentes (BOVÉ, 2006; GOTTWALD et al., 2007a). A eliminação da planta hospedeira *Murraya paniculata* (L.) Jack, *Rutaceae*, (popularmente conhecida como murta de cheiro), utilizada como cerca viva em pomares cítricos, também tem sido recomendada. Atualmente seu uso é proibido justamente por ser hospedeira do inseto vetor da bactéria (BELASQUE-JUNIOR et al., 2009). Para um manejo adequado é de suma importância a obtenção de mudas certificadas, pois a transmissão pode ocorrer durante o processo de enxertia, quando são utilizadas borbulhas infectadas. Com relação ao controle da praga, pode ser feita com a pulverização de agroquímicos sobre as mudas, pulverização mais intensa nas bordas do pomar, para evitar a entrada e disseminação do inseto no pomar e utilização de inimigos naturais tais como, parasitóides e predadores (BELASQUE-JUNIOR et al., 2009).

O parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) mostra-se vantajoso por sua especificidade, preferencialmente parasitando ninfas de 3º ao 5º instar (ETIENNE et al., 2001; ZUPARKO et al., 2011). No entanto, predadores como *H. axyridis* e *C. externa* possuem a vantagem de maior chance de sobrevivência no local por

serem generalistas e não somente dependerem da população de *D. citri*, fato importante para manutenção do equilíbrio da população de predadores em campo a fim de garantir o controle contínuo da praga. Ambos predadores são encontrados em citros. *Harmonia axyridis* é espécie predadora exótica e tem sido relatada como forte competidora. Estudos sobre a sua relação com demais inimigos naturais são importantes para saber qual o impacto deste coccinelídeo sobre a comunidade de inimigos naturais (MICHAUD, 2002b). Em programas de manejo integrado de pragas a utilização de mais de um tipo de inimigo natural pode aumentar a eficiência do controle da praga.

2.3 Distribuição geográfica e o controle biológico dos predadores *Harmonia axyridis* e *Chrysoperla externa*

Originária da Ásia, a espécie *H. axyridis* é um coccinelídeo de grande importância para o controle biológico, por ser eficiente predadora de pelo menos 22 espécies diferentes de afídeos, sete espécies de psíldeos e uma espécie de coccídeo (GORDON, 1985). Inicialmente, foi muito utilizada devido ao grande sucesso no controle biológico de pragas em vários países, principalmente de afídeos. No entanto, a espécie tem se mostrado capaz de afetar negativamente as espécies nativas (PHOOFOLO; OBRYCKI, 1998; SZENTKIRÁLYI, 2001; MICHAUD, 2002b). Na Europa Oriental, a primeira introdução de *H. axyridis* como agente de controle biológico foi em 1927 na Geórgia, seguida de introduções entre 1950-70 no Cazaquistão, Belarus (Bielorrússia), Uzbequistão, Ucrânia (IABLOKOFF-KHNZORIAN, 1982; POUSTMA et al., 2008). Já na Europa Ocidental, foi introduzida na França em 1982 para o controle biológico, e mais tarde, em 1995, liberações foram feitas na Holanda e Bélgica, com intensa utilização, desde 1997 (BROUWER, 1996; ADRIAENS et al., 2008). A espécie se disseminou rapidamente e em pouco tempo tornou-se um dos predadores predominantes na Europa e está presente em 27 países Europeus (BROWN et al., 2008, 2011; POUSTMA et al., 2008; BROWN, 2013).

Nos EUA, foi inicialmente introduzida em 1916 para o controle de pulgões e subsequentemente foi introduzida em 14 diferentes estados entre 1970-80 (ESSIG, 1931; GORDON, 1985; MCCLURE, 1987). No entanto, somente em 1991 foi constatada como espécie já estabelecida no país, se adaptando às condições ambientais. Com o passar dos anos, a população de coccinelídeos predominava sobre as demais populações de inimigos naturais (BROWN et al., 1991, DAY et al., 1994). Estudos foram realizados para comparar a quantidade de inimigos naturais antes e depois da introdução do inseto e observou-se drástica diminuição na população de pragas e principalmente de predadores nativos e parasitóides em

diversas culturas, como nogueiras pecans (*Carya illinoensis* (K.), Juglandaceae), extremosa (*Lagerstroemia indica* (L.), Lythraceae) e *Citrus* spp. (Rutaceae) (MICHAUD, 2002a; MIZELL, 2007; GARDINER et al., 2011).

A introdução na América do Sul iniciou-se com a importação desses insetos para a região de Mendoza (Argentina) no final da década de 90 para controle de pulgões em pessegueiro (SAINI, 2004). Em 2001, foi detectada em Buenos Aires, se alimentando do pulgão *Monellia caryella* (Fitch, 1855) (Hemiptera: Aphididae) em noz-pecan, denotando uma rápida dispersão pelo país (SAINI, 2004). No Brasil, é considerada uma espécie invasora sendo constatada sua ocorrência inicialmente em 2002 em Curitiba (Paraná) alimentando-se dos afídeos, *Cinara atlantica* (Wilson, 1919) e *Cinara pinivora* (Wilson, 1919) (Lachninae), em *Pinus* spp. (Pinaceae), (ALMEIDA; SILVA, 2002). *Harmonia axyridis* foi também reportada no Chile (GREZ et al., 2010), Uruguai (NEDVĚD; KREJČÍK, 2010), Venezuela (SOLANO; ARCAYA, 2014) e muitos outros países (BROWN et al., 2011; GONZÁLEZ, 2016). Por motivos desconhecidos, a espécie tornou-se invasiva em quatro diferentes continentes e teve como consequência negativa a desestabilização dos inimigos naturais presentes nos cultivos locais. Estudos envolvendo o uso de marcadores moleculares mostraram que as populações invasivas na América do Sul são provenientes do leste dos EUA (LOMBAERT et al., 2010). Essa espécie se adapta bem às condições climáticas da região sul da América do Sul devido à similaridade com a região de origem (KOCH et al., 2006).

Na cultura do citrus, a espécie constitui uma importante predadora de pulgões, como *Toxoptera citricida* (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae) e psilídeos, como *D. citri*. Embora liberações de parasitóides tenham ajudado na diminuição do número de *D. citri* na Flórida, são os coccinelídeos, com destaque para *H. axyridis*, os responsáveis pela diminuição do número de ninfas do psilídeo (MICHAUD, 2002a). Tanto *D. citri* quanto *T. citricida* constituem dieta adequada para o desenvolvimento dos imaturos do coccinelídeo, com percentuais de sobrevivência da ordem de 75% à 95% em laboratório, respectivamente (MICHAUD, 2000a, 2000b, 2002a, 2004).

Harmonia axyridis é uma espécie considerada invasora no Brasil e há poucos trabalhos que a relacionem com importantes inimigos naturais no país (MILLÉO, et al., 2008; MARTINS et al., 2009).

Dentre as espécies de inimigos naturais nativos no Brasil, *Chrysoperla externa* merece destaque por ser importante agente de controle biológico, apresentar ampla distribuição geográfica ocorrendo em toda a América, e possuir o estágio larval com alta capacidade predatória, além de estar presente em diferentes agroecossistemas (FREITAS,

2001; ADAMS, 1983; AGNEW et al., 1981 ADAMS; PENNY, 1985; TAUBER et al., 2000). No Brasil existem alguns trabalhos que mostram a eficiência de *Chrysoperla externa* no controle de pragas (AUAD; FREITAS; BARBOSA; 2003; RODRIGUES et al., 2014). Liberações de ovos e larvas de primeiro instar de *C. externa* realizadas na cultura do amendoim mostraram uma redução, em até 74%, da praga *Enneothrips flavens* (Moulton, 1941) (Thysanoptera: Thripidae) (RODRIGUES et al., 2014). Em outros países o gênero *Chrysoperla* é mais frequentemente estudado e comercializado mostrando-se eficiente no controle de diversas pragas. Liberações de larvas de segundo instar de *Chrysoperla carnea* foram eficiente no controle de *Myzus persicae* em berinjelas cultivadas em casa-de-vegetação, na Alemanha (HASSAN, 1978). *Chrysoperla carnea* também se mostra eficiente no controle de pulgão-da-maçã, *Aphis pomi*, no Canadá, controle de lagartas como *Heliothis zea* e *Heliothis virescens* em plantio de algodão nos Estados Unidos e para o controle do tripses *Scirtothrips perseaa* em cultivo de abacate em casa-de-vegetação no Texas (RIDGWAY; JONES, 1969; HAGLEY, 1989; HODDLE; ROBINSON, 2004). *Chrysoperla carnea* juntamente com *Chrysoperla rufilabris* foram liberadas para controle do tripses-do-citros *Scirtothrips citri* em cultivo de manga, na Califórnia (EUA). Somente *C. rufilabris* foi liberada para controle da mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) em *Hibiscus rosa-sinensis* L. em casa de vegetação no Texas (EUA). Em todas as culturas citadas os crisopídeos mostraram eficiência no controle das pragas (BREENE et al., 1992; KHAN; MORSE, 1999a; KHAN; MORSE, 1999b).

2.4 Comportamento de *Harmonia axyridis* e *Chrysoperla externa* na busca e escolha por presas

Informações sensoriais do ambiente, sejam elas visuais, químicas ou táteis, podem afetar diretamente no comportamento de diversos predadores, como crisopídeos e coccinelídeos, na busca por presas (BELL, 1990; JAKOWSKY, 1973; RESENDE et al., 2015).

Larvas de crisopídeos podem encontrar suas presas aleatoriamente, no entanto, a presença de algumas pistas químicas podem auxilia-los e intensificar sua busca, como por exemplo, a presença de *honeydew* secretado por afídeos (KAWECKI, 1932; PRINCIPI, 1940; BOND, 1980). A luminosidade também pode ser um fator a influenciar a maneira como os crisopídeos buscam por presas. Dependendo das condições experimentais, a presença ou ausência de luz, poderá fazer com que uma mesma espécie apresente comportamento fototático positivo ou negativo (FLESCHNER, 1950; BANSCH, 1964). O tempo de jejum

também pode contribuir na busca por presas. Quanto maior for o jejum, maior será a área de busca do crisopídeo, no entanto, existe um limite para tempo de jejum. Ao atingi-lo, decorrente a condições extremas de escassez alimentar, o crisopídeo, diminuirá suas atividades de busca e a larva morrerá (BAUMGAERTNER et al., 1981). Para o reconhecimento de suas presas, assim como as joaninhas, os crisopídeos precisam de contato com as mesmas para reconhecê-las. Palpos, mandíbulas e antenas auxiliam-lhes durante o reconhecimento (BUTLER; MAY, 1971).

Pouco se conhece sobre a maneira como as larvas neonatas de joaninhas buscam por suas presas (GAGNE et al., 2002). Larvas neonatas de joaninhas apresentam olhos poucos desenvolvidos e aparentemente os estímulos visuais são pouco utilizados na busca por presas (DIXON, 2000; HEMPTINNE et al., 2000). Muito provavelmente a composição química da presa influencia no reconhecimento pelas larvas neonatas. A composição química dos insetos varia entre as espécies podendo funcionar como um sinal específico para o predador (CARLSON et al, 1999; NIELSEN et al., 1999; LIU et al., 1999; LAHAV et al., 1999).

Quando coccinelídeos se movimentam na busca por presa tocam frequentemente a superfície onde se encontram, percebendo o ambiente através de sensilas presentes nos palpos maxilares (BARBIER et al., 1989). Adultos e larvas não neonatas de coccinelídeos se orientam através da percepção dos contrastes de cores do alvo, tamanho e forma e normalmente preferem os que apresentam forma complexa (SAID et al., 1985; NAKAMUTA, 1985).

Adultos de *H. axyridis* são capazes de utilizar sinais visuais, como folhas verdes, quando estão em busca por presa (OBATA, 1986) ou mesmo percebê-las através dos odores por elas liberados (OBATA, 1986; MEIDARI; COPLAND, 1992). Aparentemente o fator mais importante a afetar na busca por presas é a necessidade por se alimentar (CARTER; DIXON, 1982). A maneira como coccinelídeos percebem qualidade nutricional de sua presa parece variar entre as espécies. *Adalia bipunctata* L. não tem a percepção sobre toxicidade da presa (BLACKMAN, 1967), *Adalia decempunctata* consegue perceber a qualidade da presa quando os palpos entram em contato com o interior da presa (DIXON, 1958). No entanto, o contato dos palpos com a presa não é suficiente para o predador rejeitá-la. Outros fatores externos podem ser percebidos pelos insetos e os estimularem na busca por presas como, por exemplo, o *honeydew* secretado por pulgões, que geralmente aumenta o tempo de procura do predador *C. septempunctata* por suas presa nas plantas (CARTER; DIXON, 1984).

Além de influências químicas, visuais, e táteis que podem contribuir para o encontro do predador e sua presa, existem outras estratégias interessantes adotadas por fêmeas de

crisopídeos e joaninhas para garantir a sobrevivência de sua progênie em campo. Em geral crisopídeos se beneficiam do canibalismo que favorece no aumento do tempo de vida e chance de sobrevivência até o encontro da próxima presa. No entanto, fêmeas de *Chrysoperla rufilabris* podem alterar a sincronia de eclosão das larvas, e assim garantir o alimento para as primeiras larvas a eclodirem (CANARD, 1970; FRECHETTE; CODERRE, 2000). Em coccinelídeos a colocação de ovos em sítios de oviposição, bem como a falta de sincronia na eclosão ou mesmo realização de posturas não fertilizadas podem favorecer o canibalismo entre irmãos, o qual é muito comum, e auxilia na sua sobrevivência, podendo contribuir para o seu rápido desenvolvimento (KAWAI, 1978; OSAWA, 1992).

Existem vários fatores que influem na busca e escolha por uma presa e embora tanto joaninhas quanto crisopídeos sejam predadores generalistas, ambos podem apresentar preferência alimentar por uma determinada espécie de praga em determinado momento (LUCAS et al., 1997; HUANG; ENKEGAARD, 2010). A importância dessa informação está na liberação dos inimigos naturais, pois o predador poderá escolher se alimentar de insetos não alvos, podendo até mesmo preferir outros possíveis predadores e assim, prejudicar a entomofauna de inimigos naturais nativos (MICHAUD, 2002b; MIZELL, 2007; GARDINER et al., 2011). O mais importante é que as populações dos predadores mantenham-se em equilíbrio estável e apesar de seu impacto como predadora intraguilda, *H. axyridis* parece exercer um importante papel na regulação de sua própria espécie por meio do canibalismo e há diferença nesse comportamento de acordo com a origem das populações (laboratório, indivíduos nativos, ou indivíduos considerados não nativos) (OSAWA, 1989; TAYER et al., 2014). Estudos que auxiliem na compreensão do comportamento de *C. externa* e *H. axyridis* seja na busca ou escolha por presas, favorecem planos para introdução das espécies como agentes de controle biológico. Conhecer o cenário agrícola ao qual os predadores serão inseridos, bem como entender o comportamento dos predadores frente a diferentes possibilidades de encontros com presas ou mesmo possíveis competidores, propiciará a escolha da melhor opção de controle biológico de uma praga para determinado momento.

Referências

- ADAMS, P.A. A new subspecies of *Chrysoperla externa* (Hagen) from Cocos Island, Costa Rica (Neuroptera: Chrysopidae). **Bulletin of Southern California Academy Science**, Columbia, v. 82, n. 1, p. 42-45, 1983.
- ADAMS, P.A.; PENNY, N.D. Neuroptera of the Amazon basin. Part IIa. Introduction and *Chrysopini*. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 15, p. 413-479, 1985.

- ADRIAENS, T.; GOMEZ, G.M.Y.; MAES, D. Invasion history, habitat preference and phenology of the invasive ladybird *Harmonia axyridis* in Belgium. **BioControl**, Dordrecht, v. 53, p. 69-88, 2008.
- AGNEW, C.W.; STERLING, W.L.; DEAN, D.A. Notes on the Chrysopidae and Hemerobiidae of eastern Texas with keys for their identification. **The Southwestern Entomologist**, College Station, v. 4, p. 1-20, 1981.
- ALMEIDA, L.M.; SILVA, V. B. Primeiro registro de *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae): um coccinélídeo originário da região Paleártica. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 941-944, 2002.
- AUAD, A.M.; FREITAS, S; BARBOSA, L.R. Consumo de *Uroleucon ambrosiae* (Thomas, 1878) (Hemiptera: Aphididae) por larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em casa-de-vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 527-534, maio/jun. 2003.
- BÄNSCH, R. Vergleichende Untersuchungen zur biologie und zum beutefangverhalten aphidivorer Coccinenelliden, Chrysopiden und Syrphiden. **Zoologische Jahrbuecher Abteilung für Systematik Ökologie und Geographie**, Tiere, v. 91, p. 271-340, 1964.
- BARBIER, P.; FERRAN, A.; LELANNIC, J.; LE STRAT, A.M. Ultrastructure et fonction des organes sensoriels des palpes maxillaires de *Semidalia undecimnotata* Schn (Coleoptera: coccinellidae). **Bulletin de la Societe Zoologique de France**, Paris, v. 114, p. 120-128, 1989.
- BASSANEZI, R.B.; MONTESINO, L.H.; BUSATO, L.A.; STUCHI, E.S. Damages caused by Huanglongbing on sweet orange yield and quality in São Paulo. **Proceedings of the Huanglongbing-Greening International Workshop**. Ribeirão Preto SP. p. 39, 2006.
- BAUMGAERTNER, J.U.; GUTIERREZ, A.P.; SUMMERS, C.G. The influence of aphid prey consumption on searching behavior, weight increase, developmental time and mortality of *Chrysopa carnea* (neuroptera: Chrysopidae) and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) larvae. **Canadian Entomologist**, Quebec, v. 113, p. 1007-1014, 1981.
- BELL, W.J. Foraging strategies of insect. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 33, p. 141-167, 1990.
- BLACKMAN, R.L. Selection of aphid prey by *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella septempunctata* L. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 59, p. 331-338, 1967.
- BOND, A.B. Optimal foraging in a uniform habitat: the search mechanism of the green lacewing. **Animal Behavior**, Washington, v. 28, p. 10-19, 1980.
- BOVÉ, J.M. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 88, p. 7-37, 2006.
- BREENE, R.G.; MEAGHER, R.L.; DONALD, J.R.; NORDLUND, A.; YIN-TUNG, W. Biological control of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in a greenhouse using *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae). **Biological Control**, Dordrecht, v. 2, p. 14, Mar. 1992.

BROUWER, G. Lieveheersbeestjes. **Ekoland**, Amsterdam, v. 5, p. 8-9, 1996.

BROWN, P.M.J. A global invader: the worldwide distribution of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **IOBC/WPRS Bulletin**, Dordrecht, v. 94, p. 51-60, 2013.

BROWN, P.M.J.; THOMAS, C.E.; LOMBAERT, E.; JEFFRIES, D.L.; ESTOUP, A.; LAWSON HANDLEY, L.J. The global spread of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): distribution, dispersal and routes of invasion. **BioControl**, Dordrecht, v. 56, p. 623-641, 2011.

BROWN, P.M.J.; ADRIAENS, T.; BATHON, H.; CUPPEN, J.; GOLDARAZENA, A.; HÄGG, T.; KENIS, M.; KLAUSNITZER, B.E.M.; AE, I.; KOVÁŘ, I.; LOOMANS, A.J.M.; MAJERUS, M.E.N.; NEDVED, O.; PEDERSEN, J.; RABITSCH, W.; ROY CHAPIN, J.B.; BROU, V.A. *Harmonia axyridis* (Pallas), the third species of the genus to be found in the United States (Coleoptera: Coccinellidae). **Proceedings of Entomological Society of Washington**, Washington, v. 93, n. 3, p. 630-635, 1991.

BROWN, P.M.J.; ADRIAENS, T.; BATHON, H.; CUPPEN, J.; GOLDARAZENA, A.; HAGG, T.; KENIS, M.; KLAUSNITZER, B.E.M.; KOVAR, I.; LOOMANS, A.J.M.; MAJERUS, M.E.N.; NEDVED, O.; PEDERSEN, J.; RABITSCH, W.; ROY, H.E.; TERNOIS, V.; ZAKHAROV, I.A.; ROY, D.B. *Harmonia axyridis* in Europe: spread and distribution of non-native coccinellid. **BioControl**, Dordrecht, v. 53, p. 5-21, 2008.

BUTLER, G.D.; MAY, C.J. Laboratory studies of the searching capacity of larvae of *Chrysopa carnea* to insure survival. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 64, p.311-312, 1971.

CANARD, M. L'oophagie des larves du premier stade de chrysope (Neuroptera, Chrysopidae). **Experimentalis et Applicata**, College Park, v. 13, n. 1, p. 21–36, Mar. 1970.

CARLSON, D.A.; GEDEN, C.J.; BERNIER, U.R. Identification of pupal exuviae of *Nasonia vitripennis* and *Muscidifurax raptorellus* parasitoids using cuticular hydrocarbons. **Biological Control**, Dordrecht, v. 15, p. 97– 106, 1999.

CARTER, M.C.; DIXON, A.F.G. Habitat quality and the foraging behaviour of coccinellidae larvae. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 51, p. 865-878, 1982.

CHAPIN, J.B.; BROU, V.A. *Harmonia axyridis* (pallas), the third species of the genus to be found in the united states (coleoptera: coccinellidae). **Proceedings of Entomological Society of Washington**, Whasington, v. 93, n. 3, p. 630-635, out, 1991

COLETTA-FILHO, H.D.; TARGON, M.L.P.N.; TAKITA, M.A.; De NEGRI, J.D.; POMPEU, J.; MACHADO, M.A. First report of the causal agent of Huanglongbing (“*Candidatus Liberibacter asiaticus*”) in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 88, n. 12, p. 1382, 2004.

DAY, W.H.; PROKRYM, D.R.; ELLIS, D.R.; CHIANESE, R.J. The known distribution of the predator *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in the United States, and thoughts on the origin of this species and Pve other exotic lady beetles in eastern North **American Entomological News**, Philadelphia, v. 105, p. 244-256, 1994.

DIXON, A.F.G. The escape response shown by certain aphids to the presence of the coccinellid *Adalia bipunctata* L. **Transactions of the Entomological Society of London**, Londres, v. 110, p. 319-394, 1958.

DIXON, A.F.G. **Insect predator-prey dynamics: ladybird beetles and biological control**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000, 268p.

ESSIG, E.O. **A history of entomology**. New York: MacMillan, 1931. 66p.

ÉTIENNE, J.; QUILICI, S.; MARIVAL, D.; FRANCK, A. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Fruits**, Paris, v. 56, p. 307–315, 2001.

FLESHNER, C.A. Studies on searching capacity of the larvae of three predators of the citrus red mite. **Hilgardia**, Berkeley, v. 20, p. 233-265, 1950.

FRECHETTE, B.; CODERRE, D. Oviposition strategy of the green lacewing *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) in response of extraguild prey availability. **European Journal of Entomology**, Branisovka, v. 97, p. 507-510, 2000. FREITAS, S. Uso de crisopídeos no manejo integrado de pragas. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 3., 1992, Águas de Lindóia. **Anais...** Jaguariúna: EMBRAPA, CNPDA, 1992. p. 106.

FREITAS, S. **O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 66 p.

FREITAS, S.; FERNANDES, O.A. Crisopídeos em agroecossistemas. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 5., 1996, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1996. p. 283-293.

GAGNÉ, I.; CODERRE, D.; MAUFFETTE, Y. Egg cannibalism *Colletes maculata* lengi neonates: preference even in the presence of essential prey. **Ecological Entomology**, Londres, v. 27, p. 285-291, 2002.

GARDINER, M. M.; O'NEAL, M. E.; LANDIS, D. A. Intraguild predation and native lady beetle decline. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 6, n. 9, e23576, 2011.

GONZÁLEZ, G. Disponível em:
<http://www.coccinellidae.cl/paginasWebPeru/Paginas/Harmonia_axyridis_Peru.php>.
Acesso em: 22 fev. 2016.

GORDON, R.D. The Coccinellidae (Coleoptera) of America north of Mexico. **Journal of the New York Entomological Society**, Nova York, v. 93, p. 1-912, 1985.

GOTTWALD, T.R.; da GRAÇA, J.V.; BASSANEZI, R.B. (2007a) Citrus huanglongbing: the pathogen and its impact. Plant Health Progress 6 September 2007. Online (doi: 10.1094/PHP-2007-0906-01-RV).

GREZ, A.; ZAVIEZO, T.; GONZALES, G.; ROTHMAN, S. *Harmonia axyridis* in Chile: a new threat. **Ciencia e Investigacion Agraria**, Santiago de Chile, v. 37, p. 145-149, 2010.

HAGLEY, E.A.C. Release of *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) for control of the green apple aphid, *Aphis pomi* Degeer (Homoptera: Aphididae). **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 121, n. 4/5, p. 309-314, 1989.

HASSAN, S. A. Releases of *Chrysopa carnea* Steph, to control *Myzus persicae* (Sulzer) on eggplant in small greenhouse plots. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Dublin, v. 85, n. 2, p. 118-123, 1978.

HEMPTINNE, J.L.; LOGNAY, G.; DOUMBIA, M.; DIXON, A.F.G. Role of surface chemical signals in egg cannibalism and intraguild predation in ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae), **Chemoecology**, Basel, v. 10, p. 123-128, 2000.

HODDLE, M.S.; ROBINSON, L. Evaluation of factors influencing augmentative releases of *Chrysoperla carnea* for control of *Scirtothrips perseae* in California avocado orchards. **Biological Control**, Dordrecht, v. 31, n. 3, p. 268-275, out., 2004.

HUANG, N.; ENKEGAARD, A. Predation capacity and prey preference of *Chrysoperla carnea* on *Pieris brassicae*. **BioControl**, Dordrecht, v. 55, p. 379-385, 2010.

IABLOKOFF-KHNZORIAN, S.M. Les Coccinelles, Coleopteres-Coccinellidae. Paris, e. Paris, Société Nouvelle des Editions Boubée, 1982, 568pp.

INOUE, H, OHNISH, J, ITO, T, TOMIMURA, K, MIYATA, S, IWANAMI, T.; ASHIHARA, W. Enhanced proliferation and efficient transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* by adult *Diaphorina citri* after acquisition feeding in the nymphal stage. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 155, p. 29-36, 2009.

JANKOWSKY, H.D. Body temperature and energy budget. In: PRECHT, H. (Ed.). **Temperature and life**. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 1973. p. 87-101.

JUNIOR, J.B.; FILHO, A.B.; BASSANEZI, R.B.; BARBOSA, J.C.; FERNANDES, N.G.; YAMAMOTO, P.T.; LOPES, S.A.; MACHADO, M.A.; JUNIOR, R.P.L.; AYRES, A.J.; CÍCERO AUGUSTO MASSARI, C.A. Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de Huanglongbing (HLB, Greening) visando o controle efetivo da doença. **Tropical plant pathology**, Brasília, v. 34, n. 3, May/June, 2009.

KAWAI, A. Sibling cannibalism in the first instar larvae of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). **Kontyû**, Tokyo, v. 46, p. 14-19, 1978.

KAWECKI, Z. Beobachtungen über das Verhalten und die Sinnesorientierung der Fliegenlarven. Bull. Int. Acad. Pol. Sci. Lett. v. 2, p. 91-106, 1932.

KHAN, I.; MORSE, J.G. Field evaluation of *Chrysoperla* spp. as predators of citrus thrips. **Sarhad Journal of Agriculture**, Peshawar, v.15, n. 6, p. 607–610, 1999a.

KHAN, I.; MORSE, J.G. Laboratory studies on evaluation of *Chrysoperla* spp. as predators of citrus thrips. **Sarhad Journal of Agriculture**, Peshawar, v. 15, n. 5, p. 459–465, 1999b.

KOCH, R.L.; VENETTE, R.C.; HUTCHISON, W.D. Invasions by *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in the Western Hemisphere: Implications for South America. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 421-434, 2006.

LAHAV, S.; SOROKER, V.; HEFETZ, A.; VANDER MEER, R.K. Direct behavioral evidence for hydrocarbons as ant recognition discriminators. **Naturwissenschaften**, Berlin, v. 86, p. 246–249, 1999.

LAW, Y.H.; ROSENHEIM, J.A. Effects of combining an intraguilda predator with a cannibalistic intermediate predator on a species-level trophic cascade. **Ecology**, Durham, v. 92, n. 2, p. 333-341, 2011.

LIU, Z.B.; YAMANE, S.; WANG, Q.C.; YAMAMOTO, H. Nestmate recognition and temporal modulation in the patterns of cuticular hydrocarbons in natural colonies of Japanese carpenter ant *Camponotus japonicus* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Ethology**, Tokyo, v. 34, p. 179–188, 1999.

LOMBAERT, E.; GUILLEMAUD, T.; CORNUET, J.M.; MALAUSA, T.; FACON, B.; ESTOUP, A. bridgehead effect in the worldwide invasion of the biocontrol harlequin ladybird. **PlosONE**, San Francisco, v. 5, n. 3, p. 1-7, 2010.

LUCAS, E.; CODERRE, D.; BRODEUR, J. Intraguild predation among aphid predators: characterization and influence of extraguild prey density. **Ecology**, Durham, v. 79, n. 3, p. 1084–1092, 1998.

LUCAS, E.; CODERRE, D.; VICENT, C. Voracity and feeding preferences of two aphidophagous coccinellids on *Aphis citricola* and *Tetranychus urticae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 85, p. 151–159, 1997.

MARTINS, B.C.; ALMEIDA, L.M.; ZONTA-de-CARVALHO, R.C.; CASTRO, C.F.; PEREIRA, R.A. *Harmonia axyridis*: a threat to Brazilian Coccinellidae? **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 53, n. 4, p. 663-671, 2009.

MCCLURE, M.S. Potential of the Asian predator *Harmonia axyridis* (Pallas, Coleoptera: Coccinellidae), to control *Matsucoccus resinosa* bean and godwin (Homoptera: Margarodidae) in the United States. **Environmental Entomology**, College Park, v. 16, p. 224-230, 1987.

MEIDARI, M.; COPLAND, M.J.W. Host finding by *Cryptolaemus montrouzieri* (Col., Coccinellidae) a predator of mealybug (Hom. Pseudococcidae) **Entomophaga**, Paris, v. 37, p. 621-625, 1992.

MICHAUD, J.P. Development and Reproduction of Ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae) on the Citrus Aphids *Aphis spiraecola* Patch and *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). **Biological Control**, Dordrecht, v. 18, n. 3, p. 287-297, 2000a.

MICHAUD, J.P. The Asian citrus psyllid, *Diaphorini citri*, and its natural enemies. **Citrus Industry**, Trampa, v. 8, p. 42-44, 2000b.

MICHAUD, J.P. Biological control of Asian Citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Florida: a preliminary report. **Entomological News**, Philadelphia, v. 113, n. 3, p. 216-222, 2002a.

MICHAUD, J.P. Invasion of the Florida citrus ecosystem by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and asymmetric competition with a native species, *Cycloneda sanguinea*. **Environmental Entomological**, Philadelphia, v. 31, n. 5, p. 827-835, 2002b.

MICHAUD, J.P.; OLSEN, L.E. Suitability of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, as prey for ladybeetles. **BioControl**, v. 49, p. 417-431, 2004.

MILLEO, J.; SOUZA, J.P.T.; BARBOLA, I.F.; HUSCH, P.E. *Harmonia axyridis* em árvores frutíferas e impacto sobre outros coccinélídeos predadores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.4, p.537-540, abr. 2008.

MIZELL, R.F. Impact of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on native arthropod predators in pecan and crape myrtle. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 90, n. 3, p. 524-536, 2007.

NAKAMUTA, K. Mechanism of the switchover from extensive to area concentrated search behavior of the ladybird beetle *Coccinella septempunctata* bruckii. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 31, p. 849-856, 1985.

NEDVĚD, O.; KREJČÍK, S. Record of the ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) from Uruguay. **Klapalekiana**, República Checa, v. 46, p. 203-204, 2010.

NIELSEN, J.; BOOMSMA, J.J.; OLDHAM, N.J.; PETERSEN, H.C.; MORGAN, E.D. Colony-level and season-specific variation in cuticular hydrocarbon profiles of individual workers in the ant *Formica truncorum*. **Insectes sociaux**, Paris, v. 46, p. 58-65, 1999.

OBATA, S. Mechanism of prey finding in the aphidophagous ladybird beetle *Harmonia axyridis* (Col. Coccinellidae) **Entomophaga**, Paris, v. 31, p. 301-311, 1986.

OSAWA, N. Sibling and non-sibling cannibalism by larvae of a lady beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in the field. **Researches on Population Ecology**, Tokyo, v. 31, p. 153-160, 1989.

OSAWA, N. Sibling cannibalism in the ladybird beetle *Harmonia axyridis*: fitness consequences for mother and offspring. **Researches on Population Ecology**, Tokyo, v. 34, p. 45-55, 1992.

PARRA, J.R.P.; NEGRI, H.O.; PINTO, A.S. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos dos citros**. Piracicaba: ESALQ, 2003. 140 p.

PHOOFOLO, M.W.; OBRYCKI, J.J. Potential for intraguild predation and competition among predatory Coccinellidae and Chrysopidae. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 89, p. 47-55, 1998.

- PRINCIP, M.M. contributi allo studio dei neurotteri italiani *Chrysopa septempunctata* e *Chrysopa flavifrons*. Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna, Bologna, v. 12, p. 63-144, 1940.
- POLIS, G.A.; MYERS, C.A. The ecology and evolution of intra guild predation: potential competitors that eat each other. **Annual Review of Ecology and Systematic**, New York, v. 20, p. 297-330, 1989.
- POUSTMA, J.; LOOMANS, A.J.M.; AUKEMA, B.; HEIJERMAN, T. Predicting the potencial geographical distribution of the harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*, using the climex model. **BioControl**, Dordrechth, v. 53, p. 103-125, 2008.
- RESENDE, A.L.S.; FERREIRA, R.B.; SOUZA, B. Atratividade de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) aos compostos voláteis de coentro, endro e erva-doce (Apiaceae) em condições de laboratório. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 1, p. 37- 43, jan./fev. 2015.
- RIDGWAY, R.L.; JONES, S.L. Inundative releases of *Chrysopa carnea* for control of *Heliothis* on cotton. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 62, n. 1, p. 177-180, 1969.
- RODRIGUES, C.A.; BATTEL, A.P.M.B.; MARTINELLI, N.M.; MORAL, R.A.; SERCUNDES, R.K.; GODOY, W.A.C. Dynamics and Predation Efficiency of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Enneothrips flavens* (Thysanoptera: Thripidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 97, n. 2, p. 653-658, June 2014.
- ROSA, G.S.; CARVALHO, L.R.; REIS, S.F.; GODOY, W.A.C. The dynamics of intraguild predation in *Chrysomya albiceps* Wied. (Diptera: Calliphoridae): interactions between instars and species under different abundances of food. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 775-780, 2006.
- ROSENHEIM, J.A.; WILHOIT, L.R.; ARMER, C.A. Influence of intraguilda predation among generalist insect predator on the suppression of an herbivore population. **Oecologia**, Berlin, v. 96, p. 439-449, 1993.
- ROSENHEIM, J.A.; KAYA, H.K.; EHLER, L.E.; MAROIS, J.J.; JAFFEE, B.A. Intraguild predation among biological-control agents: theory and evidence. **Biological Control**, Dordrechth, v. 5, n. 3, p. 303-335, 1995.
- SAID, K.K.; ALI SAHA, M.; BALOCK, U.K. Optical orientatio in predatory coccinelids. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, Faisalabad, v. 6, p. 40-44, 1985.
- SAINI. Presencia de *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) en la provincia de Buenos Aires. Aspectos Biológicos y Morfológicos. **Revista de Investigaciones Agropecuarias**, Buenos Aires, v. 33, n. 1, p. 151-160, 2004.
- SNYDER, W.E.; JOSEPH, S.B.; PREZIOSI, R.F.; MOORE, A.J. Nutritional benefits of cannibalism for the lady beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) when prey quality is poor. **Environmental Entomology**, College Park, v. 29, n. 6, p. 1173-1179, 2000.

SOARES, J.J.; SOBRINHO, F.P.C.; SILVA, M.S. **Fatores que afetam a predação de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae)**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 28 p.

SOLANO, Y.A.; ARCAYA, Y.E. Primer registro de *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) en Venezuela. **Entomotrópica**, Maracaya, v. 29, n. 1, p. 57-61, 2014.

SOUZA, B.; CARVALHO, C.F. Population dynamics and seasonal occurrence of adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1961) (Neuroptera: Chrysopidae) in a citrus orchard in southern Brazil. **Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, Budapest, v. 48, p. 301-310, 2002.

SOUZA, B.; COSTA, R.I.F.; TANQUE, R.L.; OLIVEIRA, P.S.; SANTOS, F.A. Aspectos da predação entre larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) e *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em laboratório. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 712-716, 2008.

SZENTKIRÁLYI, F. Lacewing in fruits and nut crops. In: McEWEN, P.; NEW, T.; WHITTINGTON, A. (Ed.). **Lacewing in the crop environment**. New York: Cambridge University Press, 2001. p. 208-216.

TAKIZAWA, T.; SNYDER, W. Cannibalism and intraguild predation of eggs within a diverse predator assemblage. **Environmental Entomology**, College Park, v. 40, n. 1, p. 8-14, 2011.

TAUBER, M.J.; TAUBER, C.A.; DAANE, K.M.; HAGEN, K.S. Commercialization of predators: recent lesson from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: Chrysoperla). **American Entomologist**, Lanham, v. 46, n. 1, p. 26-38, 2000.

TAYER, A.; ESTOUP, A.; LOMBAERT, E.; GUILLEMAUD, T.; KIRICHENKO, N.; HANDLEY, L.L.; DE CLERCK, P.; FACON, B. Cannibalism in invasive, native and biocontrol populations of the harlequin ladybird. **Evolutionary Biology**, Nova York, v. 4, p. 14-15, 2014.

TEIXEIRA, D.C.; AYRES, J.; KITAJIMA, E.W.; TANAKA, F.A.O.; DANET, L.; JAGOUÉIX-EVEILLARD, S.; SAILLARD, C.; BOVÉ, J.M. First report of a huanglongbing-like disease of citrus in Sao Paulo State, Brazil and association of a new liberibacter species, "*Candidatus Liberibacter americanus*", with the disease. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 1, p. 107, 2005.

TOMASETO, A.F.; FERREIRA, C.; LIVA, K.B.; NASCIMENTO, F.E.; MULLER, C.; LOPES, J.R.S. Acquisition efficiency of 'Candidatus Liberibacter Asiaticus' by *Diaphorina citri* in relation to acquisition access periods on diseased citrus plants. **Citrus Research e Technology**, Coirdeirópolis, v. 31. p. 73-73, 2010. Apresentado no CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGISTS, 18., 2010, Campinas; Cordeirópolis.

VICHIN NETO, R.; NASCIMENTO, F.E.; BALBINOTTE, J.; COLETTA-FILHO, H.; LOPES, J.R.S. Comparação da capacidade de aquisição de *Candidatus Liberibacter asiaticus* em citros por ninfas e adultos de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – USP, 16., 2008, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: USP, 2008.

XU, C.F.; XIA, Y.H.; LI, K.B.; KE, C. Further study of the transmission of citrus huanglongbing by a psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGISTS, 10., 1988, Riverside. **Proceedings...** Riverside: University of California, 1988. p. 243-248.

ZUPARKO, R.L.; QUEIROZ, D.L.; SALLE, J.L. Two new species of *Tamarixia* (Hymenoptera: Eulophidae) from Chile and Australia, established as biological control agents of invasive psyllids (Hemiptera: Calophoridae, Trioziidae) in California. **Zootaxa**, Auckland, v. 2921, p. 13–27, 2011.

3 ESCOLHA DE PRESA COM RISCO DE PREDACÃO INTRAGUILDA E CANIBALISMO

Resumo

Estudos sobre o comportamento predatório são de extrema importância antes da liberação de predadores para controle de pragas. Neste estudo, foi avaliado o comportamento de predação de *Harmonia axyridis*, larvas de primeiro instar e adultos, e *Chrysoperla externa*, apenas larvas de primeiro instar, na presença de diferentes presas. Foram avaliadas a escolha por presas oferecidas, e os tempos de ataque e consumo sobre elas. Para o teste com escolha foi oferecida apenas uma presa de cada espécie sendo as combinações: ovo de *H. axyridis* e ovo de *C. externa*, ovo de *H. axyridis* e de *Diaphorina citri*, ovo de *C. externa* e ninfas de *D. citri*. Para o teste sem escolha foi colocada somente um representante de cada espécie em cada placa de Petri: ovo de *H. axyridis*, ovo de *C. externa* com o pedicelo, ninfas de *D. citri* e ovo de *C. externa* sem o pedicelo. As presas foram oferecidas em placas de Petri (60 x 15 mm) e ninfas de 4º e 5º instar de *D. citri* foram utilizadas em todos os experimentos. Dos resultados encontrados comparando-se as larvas de primeiro instar de ambos predadores, observa-se que no tratamento que havia ovo de *H. axyridis* com ovo de *C. externa*, houve diferença significativa no tempo de consumo, sendo o crisopídeo mais ágil no consumo de suas presas do que a larva de joaninha. Não houve diferença significativa no tempo que os predadores levaram para consumir a ninfas de *D. citri*. Diferentemente das larvas, adultos de *H. axyridis* levaram mais tempo para consumir ninfas de *D. citri* do que ovos da própria espécie. Nenhuma larva de joaninha conseguiu predação o ovo pedicelado do crisopídeo e poucos adultos de *H. axyridis* conseguiram predação o ovo do crisopídeo independentemente da presença do pedicelo. Quando há apenas uma opção de presa, fêmeas de *H. axyridis* comportam-se diferente de quando há duas opções, mostrando-se mais ágeis do que machos, tanto no ataque quanto no consumo. Por outro lado, machos e fêmeas de *H. axyridis* realizam mais ataques sobre ninfas de *D. citri* do que sobre as outras presas, independente do teste ser com ou sem escolha.

Palavras-chave: *Harmonia axyridis*; *Chrysoperla externa*; *Diaphorina citri*; Psilídeo; Coccinellidae

Abstract

Studies emphasizing the predatory behavior of predator insects are really important before the release of them for pest control. In this study, the behavior of the predators *Harmonia axyridis* and *Chrysoperla externa* first instar larvae and adults of *H. axyridis* was evaluated in presence of different prey. Prey choice was evaluated and also the attack time and consumption of prey. Choice tests were performed by offering a prey *per* species as follows: egg of *H. axyridis* and egg of *C. externa*, egg of *H. axyridis* and nymphs of *Diaphorina citri*, egg of *C. externa* and nymphs of *D. citri*. No choice tests were performed by placing only an individual of each species: egg of *H. axyridis*, egg of *C. externa* with peduncle, nymphs of *D. citri* and, egg of *C. externa* without peduncle. Prey were offered to predators in Petri dishes (60 x 15mm) and *D. citri* nymphs of 4º. and 5º instars were used. Comparing the treatments *H. axyridis* and of *C. externa* eggs a significant difference in terms of time was observed, with green lacewings showing more agility for consuming prey than ladybugs larvae. No significant difference was found for predators consuming *D. citri* with respect to consumption time. Adults spent more time to consume nymphs of *D. citri* than eggs of themselves. No ladybug larva was able to predate eggs of green lacewings and few adults of *H. axyridis* were able to predate egg of green lacewing, regardless of peduncle presence.

With just a prey option, females of *H. axyridis* behave differently from two options of prey, showing more agility behavior than males, for both attack and consumption. Males and females of *H. axyridis* perform more attacks on nymphs of *D. citri* than other species.

Keyword: *Harmonya axyridis*; *Chrysoperla externa*; *Diaphorina citri*; Psyllid; Coccinellidae

3.1 Introdução

O crescimento e desenvolvimento adequado de inimigos naturais dependem essencialmente da qualidade nutricional, que é capaz de influenciar seu sucesso e estabelecimento no ambiente. A alimentação inadequada pode afetar a sobrevivência, a longevidade, a fecundidade e o peso do inseto (CANARD, 1984; PARRA, 1991). A escolha de presas será adequada se os componentes nutricionais de cada item alimentar contiverem os recursos necessários ao seu desenvolvimento.

Para localizar seu alvo alimentar e dar continuidade às futuras gerações, os artrópodes utilizam diversas estratégias. Inimigos naturais podem ser atraídos por cores e odores das plantas e da presa, o que é de grande importância para direcionar os insetos a encontrarem as plantas e suas respectivas presas (VILELA; DELLA LUCIA, 2001). Os odores que regulam a comunicação entre organismos são os chamados semioquímicos, dentre eles há os feromônios (comunicação intraespecífica) e aleloquímicos (comunicação interespecífica), que podem atuar tanto na atração quanto repelência de determinados grupos de insetos (VILELA; DELLA LUCIA, 2001). Quando a planta sofre ataque de determinados insetos, a interação pode resultar na produção de odores atrativos para determinados grupos de inimigos naturais os quais consequentemente, exercerão seu papel no controle das pragas. Essas substâncias também poderão exercer papel importante na escolha do local para oviposição, no comportamento predatório, acasalamento, dentre outros (VILELA; DELLA LUCIA, 2001; ADEDIPE; PARK, 2010).

A fase mais crítica na vida de um inseto predador inicia-se após a eclosão, quando ocorre a busca por sua primeira presa (FLECHNER, 1950). Preferencialmente, larvas de predadores alimentam-se de artrópodes presentes em seu nicho e podem apresentar sequência preferencial por diferentes hospedeiros (SADEGHI; GILBERT, 1999; LUCAS et al., 1997; HUANG; ENKEGAARD, 2010). A preferência por uma presa pode afetar diretamente a eficiência de controle das pragas. A escolha por preda um possível competidor, pode tanto influir negativamente quanto positivamente. Negativamente por tornar o seu competidor a sua presa, e assim diminuir o sucesso do controle biológico devido a queda no número de predadores para atuar no controle das pragas. No entanto, pode ser benéfico, para a sua

sobrevivência durante períodos de escassez de recurso alimentar (ROSENHEIM et al., 1993; PFENNIG, 1997; OSAWA, 1992).

Harmonia axyridis e *Chrysoperla externa* são importantes predadores presentes em diversos sistemas agrícolas, sendo evidente a competição dentro e entre as duas espécies, favorecendo o comportamento de canibalismo ou mesmo a predação intraguilda (MICHAUD, 2002; CANARD, 2007; PHOOFOLO; OBRYCKI, 1998; MIZELL, 2007). A predação intraguilda é um tipo de competição interespecífica e ocorre quando duas espécies diferentes competem por um mesmo recurso, no entanto, uma das espécies pode obter como fonte extra alimentar o seu oponente (POLIS; MYERS, 1989). A predação intraguilda apresenta efeito negativo por deslocar espécies nativas ou até mesmo extingui-las localmente, e assim, prejudicar o sucesso do controle e pragas. Esses efeitos negativos podem ser causados pela presença de *Harmonia axyridis*, espécie introduzida em vários países para controle de pragas que, com rápida adaptação a diferentes ambientes e condições climáticas acabou por interferir na fauna nativa de inimigos naturais (WHITNEY; GABLER, 2008; PELL, et al., 2008; WARE et al., 2009; OSAWA, 2011).

Já o canibalismo é um tipo de predação que emerge da competição intraespecífica e também pode exercer um papel importante na manutenção da estabilidade populacional e estrutura etária tanto de coccinelídeos quanto de crisopídeos (POLIS, 1980, 1981; DUELLI, 1981; LEONARDSSON, 1991). O canibalismo de ovos é a principal chave na regulação da densidade populacional e corresponde a mais de 50% da mortalidade de ovos (OSAWA, 1992, 1993) Em *H. axyridis*, o canibalismo pode influenciar positivamente a persistência e a estabilidade da população (OSAWA, 1993).

O conhecimento sobre a preferência alimentar é importante para determinar o comportamento do predador frente a diversas pragas e saber se será eficiente no controle do alvo desejado (XU; ENKEGAARD, 2009; ENKEGAARD et al., 2001). Além disso, é de extrema importância compreender melhor os fatores que governam o comportamento alimentar dos inimigos naturais, sobretudo no contexto de predação intraguilda e canibalismo. Certamente, ambos os comportamentos estão associados às reações dos insetos a diferentes condições ambientais, e, portanto, carecem de análises para o conhecimento da relação entre as suas ações comportamentais, o equilíbrio e a dinâmica populacional de cada espécie.

H. axyridis e *C. externa* são predadores generalistas e podem ter o canibalismo e a predação intraguilda como fatores de regulação na dinâmica populacional. Além disso, a preferência por presas não alvo pode interferir no sucesso do controle das pragas. Esse trabalho tem como hipótese que a presa *D. citri* é mais atrativa para predadores, do que o seu

competidor. O presente estudo pretendeu investigar o comportamento dos predadores *Chrysoperla externa* e *Harmonia axyridis* quando em presença de diferentes presas, incluindo representantes da própria espécie, a fim de se saber se há uma padrão na escolha de suas presas ou se a escolha é aleatória.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Obtenção e manutenção das populações de *Diaphorina citri*

A espécie foi coletada em pomar de citros, localizado na ESALQ/ USP, sendo, posteriormente, criados em laboratório. Para a criação dos insetos, seis mudas de murta (*Murraya paniculata* (Rutaceae)) com brotação foram colocadas em gaiolas (50 x 30 x 30 cm). Posteriormente, 300 adultos do psílídeo foram transferidos para cada gaiola para a realização de postura. Após uma semana os adultos foram retirados para a formação de nova gaiola de postura. Nas gaiolas remanescentes, com apenas ovos, foi aguardado o desenvolvimento do inseto até a obtenção de novos adultos e reinício do processo de criação. Para utilização das ninfas em experimentos, os adultos foram deixados nas gaiolas para realização de postura por apenas dois dias, para a padronização da idade e tamanho das ninfas com diferença de no máximo dois dias de idade.

3.2.2 Obtenção e manutenção das populações de *Chrysoperla externa*

Os crisopídeos foram coletados em gramíneas próximas ao pomar de citros localizado na ESALQ/USP. Foram transferidos cinco casais para cada gaiola de policloreto de vinila (PVC) de 10 cm de diâmetro por 23 cm de altura. A criação do crisopídeo foi feita em ambiente controlado com temperatura a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, fotofase 12h e umidade relativa de $60 \pm 10\%$. A dieta dos adultos foi constituída de levedo e mel (1:1) e as larvas receberam como alimento ovos de *Ephestia kuehniella* obtidos da criação já estabelecida na ESALQ, sendo a metodologia de criação de crisopídeo a mesma proposta por Freitas (2001). Após a retirada, os ovos do crisopídeo foram individualizados em frascos de vidro de 4 cm de altura por 1 cm de diâmetro com auxílio de uma lamina de metal e vedados com plástico filme para o controle dos instares a serem utilizados nos experimentos, bem como para manutenção da criação em laboratório.

3.2.3 Obtenção e manutenção das populações de *Harmonia axyridis*

As populações de *H. axyridis* foram coletadas em pomar de citros / milho, identificadas, separadas por sexo e transferidas para um recipiente plástico (500 ml) para

posterior criação em ambiente controlado com temperatura $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, fotofase 12h e umidade relativa de $60 \pm 10\%$. Para a alimentação foram oferecidos ovos de *Ephestia kuehniella* para larvas e adultos, juntamente com mistura de levedo e mel (1:1) passado no interior dos recipientes de criação. Para obtenção de larvas para os experimentos, os insetos foram individualizados em frascos de vidro de 4 cm de altura por 1 cm de diâmetro e vedados com plástico filme, com a finalidade de controlar a idade dos insetos evitar o canibalismo entre elas.

Todos os experimentos foram realizados em ambiente controlado com temperatura $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, fotofase 12h e umidade relativa de $60 \pm 10\%$.

3.2.4 Teste de escolha entre larvas dos predadores *Harmonia axyridis* e *Chrysoperla externa*

Nesta primeira etapa, foi avaliado o comportamento de larvas de 1º instar de *H. axyridis* e *C. externa*, na presença de diferentes presas, incluindo *D. citri* e a possibilidade de presa intraguilada, já que as espécies predadoras são generalistas. Foi realizado um experimento com delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com 2 fatores: espécie de predador (*H. axyridis* e *C. externa*) e combinação de presas (ovo de joaninha e ovo de crisopídeo (JC), ovo de joaninha e ninfa do psilídeo (JD), ovo de crisopídeo e ninfa do psilídeo (CD)). As opções de escolha foram oferecidas em placas de Petri (60 x 15 mm) e para cada tratamento totalizaram 29 repetições. Foram utilizadas ninfas de 4º e 5º instar de *D. citri* obtidas da criação realizada em casa de vegetação. Os ovos dos predadores foram obtidos de posturas recentes em relação à implementação experimental, com no máximo 1 dia de idade. Foi colocado apenas um representante de cada presa na placa de Petri juntamente com apenas um dos predadores. Os ovos do crisopídeo foram cortados diretamente da folha de posturas retiradas das gaiolas de criação sem que se danificasse o pedicelo já aficcionado no papel mediante o momento da oviposição. As outras presas (ninja do psilídeo e ovo de joaninha) também foram colocadas em cima de um pequeno pedaço de papel para que todas as presas estivessem sob as mesmas condições. A ninfa do psilídeo foi colocada na posição decúbito dorsal, para não haver movimentação durante a experimentação, e assim, a chance de encontro entre as presas ofertadas na placa ser a mesma.

Foram avaliados a escolha por presas oferecidas, tempos de ataque e consumo sobre elas. As placas foram observadas por cinco horas, sendo que as larvas que atacaram uma das presas nesse período de tempo foram observadas até o término do consumo, momento quando a larva deixava sua presa e procurava por uma próxima.

3.2.4.1 Análise estatística

Levando em conta o fato de alguns espécimes de predadores não terem realizado ataque dentro do período experimental, parte dos dados foram analiticamente considerados censurados, procedimento este usual em estudos que empregam a análise de sobrevivência. O modelo de análise de sobrevivência, Modelo de Cox para riscos proporcionais, foi ajustado aos dados para estimar a probabilidade de um predador atacar a presa no próximo instante, na ausência de ataque prévio. A seleção do modelo foi feita por meio de testes de razão de verossimilhanças (RV) entre modelos encaixados.

Devido aos dados de consumo de presas serem distribuídos normalmente, foram ajustados modelos de análise de variância incluindo os efeitos de espécie, escolha de presa e a interação entre espécie e escolha de presa. A interação não foi incluída quando a espécie escolheu apenas um tipo de presa. Comparações múltiplas foram feitas por meio do teste de Tukey ($p = 0,05$).

Já, a escolha das larvas por uma espécie de presa foi modelada em 2 estágios. No 1º foi analisado se havia diferença na resposta de escolha, ou seja, se ocorria ataque, para tal, um modelo linear generalizado do tipo binomial foi utilizado. A escolha de presas pelos predadores foi analisada no segundo estágio. Quando um predador escolhia somente um tipo de presa em todas as repetições, o modelo não era ajustado, tendo em vista que haviam apenas dois tratamentos (predadores) e não havia variabilidade nos dados referentes a um deles.

3.2.6 Teste de escolha utilizando-se adultos de *Harmonia axyridis*

Foram utilizados adultos de *Harmonia axyridis* para avaliar a escolha por presa levando em consideração o sexo do inseto. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 2 fatores: gênero do predador *H. axyridis* e combinação de presas. Além da escolha por presas, avaliou-se também a probabilidade de atacar, o tempo até ataque e o tempo até o término do consumo. As combinações de presa foram: ovo de joaninha e ovo de crisopídeo (JC), ovo de joaninha e ninfa de *Diaphorina citri* (JD), ovo de crisopídeo e ninfa de *D. citri* (CD). As presas foram oferecidas em placas de Petri (60 x 15 mm) e o critério para colocação das presas foi o mesmo utilizado no experimento anterior. Os ovos utilizados eram recém ovipositados (máximo de 1 dia de idade) e as ninfas de *D. citri* encontravam-se no 5º instar.

Os adultos de *H. axyridis* foram deixados em jejum por 24 h. Após esse período as presas foram colocadas em uma placa de Petri, com liberação subsequente de apenas um predador adulto por placa, totalizando 3 tratamentos com 30 repetições para cada (machos e

fêmeas). O tempo de observação foi por um período de 2 h, considerado suficiente para este tipo de experimento, levando em conta a agilidade dos adultos para realizar ataque. As populações de adultos atacando presas foram observadas até o término do consumo.

3.2.6.1 Análise Estatística

Modelos lineares generalizados do tipo binomial foram ajustados aos dados de consumo de presa com duas horas de observação. Modelos de Cox de riscos proporcionais foram ajustados aos dados de tempo até ataque, incluindo a variável sexo no preditor linear e a significância do efeito foi avaliada por meio de testes de razão de verossimilhança (RV). Modelos lineares generalizados do tipo binomial foram também ajustados aos dados de escolha do predador incluindo os efeitos de sexo, efeito linear de tempo (em escala logarítmica) e interação entre sexo e tempo no preditor linear. Modelos encaixados foram testados utilizando testes de diferença “deviances”. Modelos lineares generalizados com distribuição normal inversa foram ajustados aos dados de tempo de consumo. A qualidade do ajuste foi avaliada utilizando gráficos meio-normais com envelope de simulação.

3.2.7 Teste sem escolha utilizando-se adultos de *Harmonia axyridis*

Em razão das observações feitas no experimento anteriormente citado, foi realizado um teste sem escolha para avaliar se o tempo de ataque poderia ser diferente, ou mesmo influenciado por uma alteração no total de placas em que o ataque ocorreu de acordo com a presa consumida. Foi realizado um experimento com 4 tratamentos: ovo de *H. axyridis*, ovo de *C. externa* com o pedicelo, ninfas de 5º instar de *D. citri* e ovo de *C. externa* sem o pedicelo. Este último tratamento foi escolhido com a finalidade de saber se o tempo de ataque, ou mesmo o número de ataques ocorridos seriam influenciados pela ausência do pedicelo. No total foram 4 tratamentos e 30 repetições para cada presa e em cada gênero (machos e fêmeas). Cada placa de *Petri* (60 x 15 mm) recebeu apenas um representante de cada espécie posicionado no centro da placa, seguindo os mesmos critérios dos experimentos anteriores. Os indivíduos foram deixados previamente em jejum por 24h e após foram liberados nas placas e observados por 2h. Foram avaliados probabilidade de ataque, tempo até ataque, tempo para consumo e escolha de presa.

Análise estatística

Modelos lineares generalizados do tipo binomial foram ajustados aos dados de ataque ou não-ataque de presas. Já aos dados de tempo de consumo, foram ajustados modelos

lineares generalizados do tipo normal inverso. Todas as análises estatísticas foram feitas com o *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015).

3.3 Resultados

3.3.1 Teste de escolha entre larvas dos predadores *Harmonia axyridis* e *Chrysoperla externa*

Probabilidade de ataque

A análise com o Modelo de Cox para riscos proporcionais mostra que não há efeito de espécie, no entanto, há diferença entre os tratamentos sendo que a probabilidade do predador atacar no próximo instante, dado que ainda não houve ataque (risco), é maior em JD (ovo de joaninha x ninfa do psilídeo) que em JC (ovo de joaninha x ovo de crisopídeo) e CD (ovo de crisopídeo x ninfa do psilídeo).

Variável tempo até ataque

Com relação ao ajuste dos modelos de Cox para riscos proporcionais, incluindo o efeito principal de espécie em cada experimento, o modelo mostrou que o tempo que as larvas levam para atacar uma presa não difere entre os predadores JC (RV=0,01; g.l.=1; p=0,91); JD (RV=1,46; g.l.=1; p=0,23); CD (RV=1,91; g.l.=1; p=0,17) (Tabela 1; Figura 1).

Tabela 1 - Tempo (em segundos) até ataque para cada experimento

Espécie	Experimentos ^(1,2)			
	Ovo de <i>H. axyridis</i> e ovo <i>C. externa</i> (JC)	Ovo de <i>H. axyridis</i> e ninfa de <i>D. citri</i> (JD)	Ovo de <i>C. externa</i> e ninfa de <i>D. citri</i> (CD)	
<i>C. externa</i>	5594 (1248)a n=21	3345 (1092)a n=23	5120 (1370)a n=19	
<i>H. axyridis</i>	5536 (1124)a n=25	5665 (1333)a n=22	8823 (1563)a n=20	

⁽¹⁾ Médias seguidas do erro padrão

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra (coluna) não diferem entre si

Figura 1 - Comparação do tempo (segundos) até ataque entre as larvas dos predadores *H. axyridis* e *C. externa* em cada experimento JC (ovo de *H. axyridis* e *C. externa*), JD (ovo de *H. axyridis* e ninfa de *D. citri*), CD (ovo de *C. externa* e ninfa de *D. citri*)

Tempo de consumo

Com relação à média do consumo de presas pelos predadores, no tratamento JC houve diferença significativa no tempo, sendo o crisopídeo mais ágil no consumo de suas presas ($F_{1,38}=81,01$; $p<0,01$) (Tabela 2). Com relação à média do tempo de consumo entre as presas houve diferença significativa, sendo o ovo de crisopídeo mais rapidamente consumido. É importante ressaltar que somente crisopídeos conseguiram atacar o ovo da própria espécie ($F_{1,38}=6,81$; $p=0,01$), a média em J refere-se a ambos predadores (larva de joaninhas e de crisopídeo) (Tabela 2)

Tabela 2 - Tempo médio de Consumo (segundos) pelos predadores no experimento JC (ovo de *H. axyridis* x ovo de *C. externa*)⁽¹⁾

Espécie	Média (erro padrão)	Escolha de presa	Média (erro padrão) ⁽²⁾
<i>C. externa</i>	5678,81 (1145,68) b	Ovo de <i>C. externa</i>	6236,89 (2151,24) b
<i>H. axyridis</i>	20708,79 (1216,02) a	Ovo de <i>H. axyridis</i>	14728,71 (1631,08) a

⁽¹⁾ Letras comparam médias entre as espécies (coluna).

⁽²⁾ Tempo médio de consumo referente a média conjunta de ambos predadores para cada presa

No experimento JD houve interação significativa entre espécie de predador e presa escolhida ($F_{1,37}=25,88$; $p<0,01$), ou seja os predadores apresentaram comportamento diferente no tempo de consumo da sua presa de acordo com a escolha feita. Observa-se que quando a presa é o psilídeo *D. citri* (D), ambos predadores não diferem entre si no tempo de consumo,

no entanto quando a presa é o ovo de joaninha (J), o crisopídeo mostrou-se mais ágil no consumo (Tabela 3). Quando se analisa o tempo de consumo de presas dentro de uma mesma espécie, nota-se que diferentemente do crisopídeo que não diferiu no tempo entre as presas, a joaninha é mais ágil quando consome a ninfa do psilídeo (D), do que quando se alimenta do seu próprio ovo (Tabela 3).

Tabela 3 - Tempo de Consumo (segundos) pelos predadores sobre cada presa no experimento JD (ovo de *H. axyridis* x ninfa de *D. citri*)⁽¹⁾

Espécie	Escolha da presa <i>D. citri</i>	Escolha da presa <i>H. axyridis</i>
<i>C. externa</i>	7828,40 (1746,96) aA	3671,00 (883,18) bA
<i>H. axyridis</i>	11060,40 (2666,67) aB	26039,00 (2179,33) aA

⁽¹⁾ Letras maiúsculas comparam médias dentro da mesma espécie de predador (linha) e minúsculas entre as espécies de predadores (coluna)

Com relação ao experimento CD, não houve efeito de espécie, ou seja, não houve diferença significativa na média do tempo de consumo de presas entre as espécies de predadores ($F_{1, 37}=0,02$; $p=0,90$) (Tabela 4). Quando se analisa as presas separadamente, observa-se que as médias do tempo de consumo tanto referente a ovo de crisopídeo (C) quanto ninfa do psilídeo (D), também não diferem entre si pelo teste de Tukey ($F_{1, 38}=0,14$; $p=0,71$) (Tabela 4). Deve-se ressaltar que nenhuma larva de joaninha conseguiu preda o ovo do crisopídeo, portanto a média de consumo em C refere-se somente ao consumo realizado pelo crisopídeo.

Tabela 4 - Tempo de Consumo (segundos) pelos predadores no experimento CD (ovo de *C. externa* x ninda de *D. citri*)⁽¹⁾

Espécie	Média (erro padrão)	Escolha de presa	Média (erro padrão) ⁽²⁾
<i>C. externa</i>	8420,89 (1096,49) a	Ovo de <i>C. externa</i>	9459,50 (2804,70) a
<i>H. axyridis</i>	8147,85 (1799,97) a	Ninfa de <i>D. citri</i>	8146,17 (1138,51) a

⁽¹⁾ Letras comparam médias entre as espécies (linhas).

⁽²⁾ Tempo médio de consumo referente a média conjunta de ambos predadores para cada presa

Escolha de presa pelos predadores

Com relação à escolha dos predadores por uma presa, não se observou diferença comportamental, ou seja, para ambos predadores, o número de presas não atacadas foi baixo e não houve diferença significativa nessa resposta de escolha (Tabela 5 e Figura 2).

Tabela 5 - Número de ataques ocorridos em cada experimentos para cada espécie de predador

Experimento	Espécie ⁽¹⁾	
	<i>C. externa</i>	<i>H. axyridis</i>
ovo de <i>C. externa</i> x ninfa de <i>D. citri</i> (CD)	19	20
ovo de <i>H. axyridis</i> x ovo de <i>C. externa</i> (JC)	21	24
ovo de <i>H. axyridis</i> x ninfa de <i>D. citri</i> (JD)	23	22

⁽¹⁾ Dentro de um total de 29 repetições para cada tratamento

Figura 2 - Proporção de ataques ocorridos para cada predador J (*H. axyridis*), C (*C. externa*) e em cada experimento CD (ovo de *C. externa* x ninfa de *D. citri*), JC (ovo de *H. axyridis* x ovo de *C. externa*), JD (ovo de *H. axyridis* x ninfa de *D. citri*)

Devido às larvas de joaninha não conseguirem preda o ovo pedicelado do crisopídeo, não foi possível fazer o ajuste do modelo por não haver variabilidade dos dados. No entanto, pode-se afirmar que em CD, apesar de não haver diferença significativa na resposta de escolha, é fato que *C. externa* predou maior quantidade de ninfas de *D. citri* ao invés de ovos de sua própria espécie. Em JC, o crisopídeo predou tanto ovos da joaninha quanto os ovos da própria espécie (Tabela 6). Para o predador *H. axyridis*, observou-se que na presença do ovo de crisopídeo (CD e JC), a larva da joaninha escolhe se alimentar da outra opção oferecida, seja ninfa do psilídeo em CD ou ovos da própria espécie em JC (Tabela 6). Já para o experimento JD não houve diferença significativa na resposta de escolha,

crisopídeos e joaninhas predam tanto ovos de joaninha quanto ninfas do psilídeo ($deviance=0,19$; g.l.=1; $p=0,66$).

Tabela 6 - Número de presas atacadas em cada experimento pelos predadores *H. axyridis* e *C. externa*^(1,2)

Espécie de predador							
<i>C. externa</i>				<i>H. axirydis</i>			
Presa	Experimentos			Presa	Experimentos		
consumida	CD	JC	JD	consumida	CD	JC	JD
nenhuma	4	4	3	nenhuma	6	4	2
C	4	9	-	C	0	0	-
D	15	-	10	D	20	-	11
J	-	12	13	J	-	24	11

⁽¹⁾ JC: ovo de *H. axyridis* e ovo de *C. externa*; CD: ovo de *C. externa* e ninfa de *D. citri*; JD: ovo de *H. axyridis* e ninfa de *D. citri*

⁽²⁾ C: ovo de *C. externa*; D: ninfa de *D. citri*; J: ovo de *H. axyridis*

3.3.2 Teste de escolha utilizando-se adultos de *Harmonia axyridis*

Influência do sexo na censura

Observou-se que a probabilidade de machos e fêmeas atacarem dentro do intervalo de 2 horas de observação foi a mesma em todos experimentos: JC: ovo de *H. axyridis* e ovo de *C. externa* ($deviance=0,64$; g.l.=1; $p=0,43$); CD: ovo de *C. externa* e ninfa de *D. citri* ($deviance=1,12$; g.l.=1; $p=0,29$) e JD: ovo de *H. axyridis* e ninfa de *D. citri* ($deviance=0,36$; g.l.=1; $p=0,55$) JC; JD e CD (Figura 3).

Figura 3 - Influência da censura em machos (M) e fêmeas (F) de *H. axyridis* em cada experimento CD (ovo de *C. externa* x ninfa de *D. citri*), JC (ovo de *H. axyridis* x ovo de *C. externa*), JD (ovo de *H. axyridis* x ninfa de *D. citri*)

Tempo até ataque

Os resultados da análise indicam que o tempo que os adultos de joaninha levam para atacar a presa não difere quanto ao sexo em nenhum dos experimentos JC (RV=0,42; g.l.=1; p=0,52), JD (RV=0,12; g.l.=1; p=0,73) e CD (RV=0,77; g.l.=1; p=0,38) (Figura 4). O tempo também não diferiu quanto ao tipo de presa escolhida e o tempo até ataque não foi influenciado pelo tipo de presa ofertada (JC: *deviance*=0,65; g.l.=1; p=0.42; JD: *deviance*=2,15; g.l.=1; p=0.14; CD: *deviance*<0,01; g.l.=1; p=1.00) (Tabela 7).

Tabela 7 - Tempo médio (segundos) até a realização do ataque por adultos de *H. axyridis* para cada experimento⁽¹⁾

Sexo / combinação de presa	ovo de <i>H. axyridis</i> x ovo de <i>C. externa</i> (JC) (erro padrão)	ovo de <i>H. axyridis</i> x ninfa de <i>D. citri</i> (JD) (erro padrão)	ovo de <i>C. externa</i> x ninfa de <i>D. citri</i> (CD) (erro padrão)
Fêmeas	3591 (503) aA	2032 (409) aA	2076 (335) aA
Machos	4143 (544) aA	2028 (346) aA	1614 (374) aA

⁽¹⁾ Letras minúsculas comparam médias entre o gênero (colunas) e maiúsculas dentro do mesmo gênero (linhas).

Figura 4 - Tempo até a realização do primeiro ataque dos predadores sobre suas presas. JC: ovo de *H. axyridis* e ovo de *C. externa*; CD: ovo de *C. externa* e ninfa de *D. citri*; JD: ovo de *H. axyridis* e ninfa de *D. citri*

Sexo e escolha de presa

A análise com MLG sugere que a escolha de presas não é influenciada pelo sexo, ou seja, machos e fêmeas escolhem da mesma maneira suas presas JC (*deviance*=0,47, g.l.=1, *p*=0,49); JD (*deviance*=0,01, g.l.=1, *p*=0,82); CD (*deviance*=0,003, g.l.=1, *p*=0,96). Com relação à escolha de presas, não foi possível fazer o ajuste do modelo devido a inexistência de variabilidade dos dados. No experimento em que foram oferecidos aos adultos do coccinelídeo, ovo de joaninha simultaneamente com ovo crisopídeo (JC), notou-se a escolha dos adultos por realizar canibalismo. No experimento JC observa-se que 1/3 dos coccinelídeos não atacaram, e os poucos a atacarem optaram por ovos da própria espécie. Ninfas do psilídeo são mais atrativas aos predadores, pois em JD e CD a maior parte das escolhas foram para ninfas de *D. citri*. Mais de 80% dos indivíduos preferiram preda as ninfas do psilídeo ao invés de ovos de ambos predadores (Tabela 8). Nesse experimento, diferentemente das larvas, os adultos de *H. axyridis* foram capazes de realizar ataque sobre ovos de crisopídeos com e sem o pedicelo.

Tabela 8 - Número de presas escolhidas entre machos e fêmeas de *H. axyridis* sobre as diferentes presas ofertadas ^(1,2)

Predador: <i>Harmonia axyridis</i>							
Presas Consumidas	Fêmeas			Presas Consumidas	Machos		
	Experimento				Experimento		
	JC	JD	CD		JC	JD	CD
Nenhum	11	0	1	nenhum	13	2	3
C	4	-	1	C	2	-	1
J	16	4	-	J	15	4	-
D	-	26	28	D	-	24	26

⁽¹⁾ JC: ovo de *H. axyridis* e ovo de *C. externa*; CD: ovo de *C. externa* e ninfa de *D. citri*; JD: ovo de *H. axyridis* e ninfa de *D. citri*

⁽²⁾ C: ovo de *C. externa*; D: ninfa de *D. citri*; J: ovo de *H. axyridis*

Tempo de consumo

Mostrou-se que o tipo de presa escolhida influencia o tempo de consumo sendo portanto, significativa a diferença entre os tempos de consumo em todos os experimentos (JC: $F_{1,32}=11,1$ e $p<0,01$; JD: $F_{1,54}= 9,56$ e $p<0,01$; CD: $F_{1,52}=3,91$ e $p=0,05341$) mas não houve diferença no tempo de consumo entre macho e fêmea (JC: $F_{1,32}=0,002$ e $p=0,96$; JD: $F_{1,54}=0,32$ e $p=0,57$; CD: $F_{1,52}= 0,01$ e $p=0,92$) e a interação entre o sexo e tipo de presa escolhida também não mostrou significância (JC: $F_{1,32}=0,06$ e $p=0,81$; : $F_{1,54}=0,09$ e $p=0,87$; CD: $F_{1,52}=0,07$ e $p=0,80$). Em JC, o tempo de consumo de ovos de crisopídeo foi mais rápido quando comparado com ovos de joaninhas (Tabela 9).

Em JD, os adultos consumiram ovos da própria espécie mais rapidamente que ninfas de *D. citri* (Tabela 10). Já em CD, a média foi marginalmente significativa, devido ao tamanho amostral não ter sido suficiente. Os poucos indivíduos que escolheram se alimentar de ovos de *C. externa* foram mais ágeis quando comparados com o consumo de *D. citri* (Tabela 11).

Tabela 9 - Média do tempo de consumo total (segundos) das presas por macho e fêmeas de *H. axyridis* no experimento JC (ovo de *H. axyridis* x ovo de *C. externa*)

Sexo	Tempo Médio total ($\pm$ e.p.)	Espécie de presa	Tempo Médio por presa ($\pm$ e.p.) ⁽¹⁾
Machos (n=17)	78,12 ($\pm$ 15,45) a	Ovo de <i>H. axyridis</i> (n=31)	84,03 ($\pm$ 11,38) a
Fêmeas (n=20)	72,11 ($\pm$ 13,61) a	Ovo de <i>C. externa</i> (n=6)	29,50 ($\pm$ 5,73) b

⁽¹⁾Tempo médio de consumo conjunto de machos e fêmeas sobre cada presa

Tabela 10 - Média do tempo de consumo total (segundos) das presas por macho e fêmeas de *H. axyridis* no experimento JD (ovo de *H. axyridis* x ninfa de *D. citri*)

Sexo	Tempo Médio total ($\pm$ e.p.)	Espécie de presa	Tempo Médio por presa ($\pm$ e.p.)
Machos (n=28)	167,25 ($\pm$ 16,60) a	ovo de <i>H. axyridis</i> (n=8)	85,38 ($\pm$ 19,70) b
Fêmeas (n=30)	181,30 ($\pm$ 18,01) a	ninfa de <i>D. citri</i> (n=50)	188,78 ($\pm$ 12,74) a

Tabela 11 - Média do tempo de consumo total (segundos) das presas por macho e fêmeas de *H. axyridis* no experimento CD (ovo de *C. externa* x ninfa de *D. citri*)

Sexo	Tempo Médio total ($\pm$ e.p.)	Espécie de presa	Tempo Médio por presa ($\pm$ e.p.)
Machos (n=27)	186,96 ($\pm$ 15,79) a	ovo de <i>C. externa</i> (n=2)	39,50 ($\pm$ 20,50) b*
Fêmeas (n=29)	184,52 ($\pm$ 23,80) a	ninfa de <i>D. citri</i> (n=54)	191,11 ($\pm$ 14,36) a

* Marginalmente significativo devido ao tamanho amostral reduzido ($p=0,053$)

3.3.3 Teste sem escolha utilizando-se adultos de *Harmonia axyridis*

Influência de sexo na censura

O modelo linear generalizado do tipo Binomial foi ajustado aos dados e mostrou maior censura em machos quando comparados com fêmeas, ou seja, a probabilidade de machos atacarem dentro do prazo estipulado é menor do que em fêmeas ($deviance=5,44$,

g.l.=1 e $p=0,02^*$). A censura também diferiu no tipo de presa escolhida ($deviance=81,42$, g.l.=3 e $p<0,01^*$). O ovo de crisopídeo com pedicelo apresentou maior censura que o sem pedicelo, ou seja, demorou mais a sofrer ataque. Já a ninfa de *D. citri* foi a menos censurada denotando, aparentemente, maior facilidade de encontro desse tipo de presa, maior atratividade e agilidade em encontrá-la. Não houve interação significativa entre as variáveis tipo de presa e sexo ($deviance=0,22$, g.l.=3 e $p=0,98$) ou seja, machos e fêmeas apresentam o mesmo padrão comportamental na probabilidade de realização do ataque.

Tempo até ataque

Os resultados mostraram que o comportamento entre machos e fêmeas não muda independente da presa, ou seja, não há interação entre sexo e presa ($RV=0,25$; g.l.=3; $p=0,97$) (Figura 5). O comportamento aqui apresentado é a maior agilidade de fêmeas para realizarem o ataque quando comparadas aos machos ($RV=7,19$; g.l.=1; $p<0,01$) (Tabela 12). O tempo para realização do primeiro ataque variou também conforme o tipo de presa oferecida ($RV=83,63$; g.l.=3; $p<0,01$). A ninfa de *D. citri* foi a mais rapidamente atacada seguida do ovo de joaninha. O ovo de crisopídeo, independentemente da presença do pedicelo, foi o que levou mais tempo a sofrer ataque (Tabela 13).

Tabela 12 - Comparação das médias do tempo até ataque (segundos) entre machos e fêmeas de *H. axyridis* sobre todas as presas

Sexo	Média do tempo até ataque (erro padrão)
Machos	5283 (200) a
Fêmeas	4681 (211) b

Tabela 13 - Comparação das médias do tempo (segundos) até ataque dos adultos de *H. axyridis* sobre todas as opções de presa ofertadas

Presa	Tempo até ataque (erro padrão)
Ovo de <i>C. externa</i> com o pedicelo	6018 (242) a
Ovo de <i>C. externa</i> sem o pedicelo	5958 (234) a
Ovo de <i>H. axyridis</i>	4935 (286) b
Ninfa de <i>D. citri</i>	3034 (275) c

Figura 5 – Tempo (segundos) até a realização do primeiro ataque dos predadores sobre suas presas. J: ovo de *H. axyridis*; D: ninfa de *D. citri*; C: ovo de *C. externa*; CC: ovo de *C. externa* sem pedicelo

Tempo de consumo

Para a análise do tempo de consumo, um modelo linear generalizado do tipo Normal Inverso foi ajustado aos dados e mostrou significância com as variáveis sexo do indivíduo ($F_{3,151}=96,96$ e $p<0,01$) e presa escolhida ($F_{1,151}=6,38$ e $p=0,02$). Independentemente da presa, fêmeas mostraram-se mais rápidas no consumo (Tabela 14). Dentre as presas escolhidas, tanto machos quanto fêmeas de *H. axyridis* levaram maior tempo para consumir *D. citri* e menor tempo para o consumo dos ovos de crisopídeo (Tabela 15). Para a variável consumo, não houve interação entre presa e sexo ($F_{3,151}=0,92$, e $p=0,44$) ou seja, machos e fêmeas apresentaram o mesmo padrão comportamental no consumo de suas presas. A maior porcentagem de presas não atacadas deu-se para ovos de crisopídeos (93,3%) e a maioria dos ataques ocorreu para ninfas de *D. citri* (88.75%), corroborando o resultado do teste com escolha (Sub-tópico 4.3) (Tabela 16).

Tabela 14 - Média do tempo de consumo total das presas por macho e fêmeas de *H. axyridis* no experimento

Sexo	Média ($\pm$ e.p.)
Macho (n=70)	132,44 ($\pm$ 12,53) a
Fêmea (n=89)	101,00 ($\pm$ 8,93) b

Tabela 15 - Média do tempo de consumo total das presas por macho e fêmeas de *H. axyridis* no experimento

Sexo	Média ($\pm$ e.p.)
Ninfa de <i>D. citri</i> (n=71)	201,24 ($\pm$ 8,73) a
Ovo de <i>H. axyridis</i> (n=40)	62,18 ($\pm$ 5,84) b
Ovo de <i>C. externa</i> sem o pedicelo (n=26)	28,88 ($\pm$ 2,87) c
Ovo de <i>C. externa</i> com o pedicelo (n=22)	33,36 ($\pm$ 3,20) c

Tabela 16 - Número de presas predadas entre machos e fêmeas nos diferentes experimentos ⁽¹⁾

Predador: <i>Harmonia axyridis</i>									
Ataque	Fêmeas				Ataque	Machos			
	Experimento					Experimento			
	J	D	C	CC		J	D	C	CC
s/ ataque	17	3	27	24	s/ ataque	23	6	31	30
atacadas	23	37	13	16	atacadas	17	34	9	10

⁽¹⁾ J: ovo de *H. axyridis*; D: ninfa de *D. citri*; C: ovo de *C. externa* com pedicelo; CC: ovo de *C. externa* sem o pedicelo

3.4 Discussão

Os experimentos que continham o ovo do crisopídeo, com ou sem o pedicelo, foram os menos atacados e com menores probabilidades de ataque. Somente alguns adultos de

joaninhas e algumas larvas de crisopídeos conseguiram encontrar e atacar o ovo de *C. externa*. A presença do pedicelo no ovo do crisopídeo é relatada como uma eficiente estratégia para a sobrevivência da espécie e dificulta o encontro por outros predadores (HINTON, 1981; CANARD; DUELLI, 1984; DUELLI; JOHNSON, 1992; LUCAS 1998; SOARES; MACEDO, 2010). No experimento realizado com larvas de *H. axyridis*, a presença do pedicelo garantiu a sobrevivência dos ovos do crisopídeo, devido a nenhuma larva de joaninha conseguir predá-lo. Essa resposta interferiu na escolha pelas joaninhas, sendo notória a realização da maior parte dos ataques sobre ovos de joaninha ou ninfas de *D. citri* em JC e CD.

Contudo, os ovos sem pedicelo também foram menos atacados em relação a outras presas, sugerindo que outros fatores além desta estrutura, como por exemplo, repelência ou baixa atratividade, poderiam agir para impedir a predação ou canibalismo (HILKER; MEINERS, 2002). Outro provável favor pode ter sido o próprio tamanho reduzido ter influenciado o tempo até ataque, devido ao maior tempo gasto dos predadores na procura.

Apesar da presença do ovo do crisopídeo, nos experimentos JC e CD, ter interferido na resposta de escolha pelas larvas dos predadores, no experimento JD, observa-se que as larvas escolhem igualmente suas presas. A aparente indiferença das larvas na escolha por presas pode estar associada à importância de se alimentarem o mais rapidamente possível, quando recém-eclodidas, e, assim garantir a sobrevivência por mais tempo (OSAWA, 1992; ROSENHEIM et al., 1993; PFENNIG, 1997).

As larvas de joaninha e crisopídeo praticaram canibalismo ou predação intraguilda, ainda que não em tão altas taxas. De maneira geral o canibalismo tende a ser visto como desvantajoso, no entanto, em momentos de escassez de recursos, o consumo de ovos da própria espécie, pode aumentar substancialmente o seu tempo de vida (POLIS, 1981). A estratégia já foi observada em crisopídeos, que provavelmente a utilizam para aumentar a chance de sobrevivência (CANARD, 1970). Alguns estudos mostram que, em crisopídeo, o canibalismo é mais comum entre larvas neonatas sobre ovos da própria espécie. Em campo, pouco se conhece sobre a ocorrência de canibalismo e não há estudos sobre o impacto do canibalismo na dinâmica populacional do crisopídeo (NEW, 1975; CANARD; DUELLI, 1984).

Assim como para o crisopídeo, para a joaninha o canibalismo também pode ser vantajoso (SNYDER et al. 2000) . Se por um lado, predar um inimigo natural pode ser desvantajoso no que diz respeito ao controle biológico, por outro lado, o fato de se alimentar de ovos da própria espécie pode contribuir fisiologicamente para o desenvolvimento mais

rápido do inseto e garantir o sucesso de atingir a fase adulta para reproduzir-se, gerando novos descendentes que atuarão no controle de pragas em tempos seguintes (SNYDER et al. 2000; BAYOUMI; MICHAUD, 2015). A incidência de canibalismo varia de acordo com a origem das populações. Tayer et al. (2014) observaram que as populações de joaninhas obtidas de áreas nas quais são invasoras, exibem maior propensão ao canibalismo do que larvas de indivíduos nativos ou mesmo larvas advindas de criação em laboratório. Ou seja, tendo em vista que para os experimentos foram utilizadas larvas advindas da criação em laboratório, espera-se que em campo o canibalismo seja mais evidente dos que o observado no presente estudo.

Comparando a agilidade entre as larvas dos predadores no consumo de suas presas, a larva de crisopídeo mostrou-se mais ágil em JC. Os crisopídeos são insetos que apresentam mandíbulas e maxilas adaptadas para perfurar e sugar sua presa. Isso facilita a manipulação de suas presas e torna mais ágil seu consumo, pois o inseto somente ingere o conteúdo liquefeito (GEPP, 1984).

As joaninhas mostraram-se lentas ao se alimentarem de ovos da própria espécie tanto em JC quanto em JD. No entanto, quando a presa é a ninfa do psilídeo, a larva de joaninha consome tão agilmente quanto o crisopídeo, fato este bem evidenciado no experimento JD e também constatado em CD. A estrutura rígida da ninfa de *D. citri*, formada por um exoesqueleto quitinoso, principalmente na região das tecas alares, não é consumida pelas larvas (MICHAUD; OLSEN, 2004). Provavelmente, como o consumo da presa foi parcial em razão da consistência do exoesqueleto do psilídeo, o tempo gasto no item alimentar foi menor se comparado aos outros casos. Foi observado também que a joaninha utiliza mais tempo consumindo sua primeira presa e a partir da segunda o tempo de consumo decresce.

Com relação aos adultos do coccinelídeo, o resultado encontrado foi diferente das larvas. Em geral, os coccinelídeos adultos gastaram maior tempo se alimentando de ninfas do psilídeo, muito provavelmente, por serem capazes de ingerir a presa por completo, diferentemente das larvas.

No teste com escolha não houve diferença no tempo de consumo gasto e na probabilidade de ataque entre machos e fêmeas, no entanto, quando na presença de apenas uma opção de presa, as fêmeas mostraram-se mais ágeis no consumo e com maiores probabilidades de realizarem ataque sobre suas presas se comparadas aos machos. O comportamento de procura pode diferir entre os sexos de acordo com a necessidade de cada indivíduo (HONEK, 1985; HEMPTINNE et al., 1996). Enquanto machos buscam fêmeas para o acasalamento, fêmeas concentram-se na obtenção de energia suficiente para produção de

ovos e procura de um local adequado para realização de postura (MATSURA; MOROOKA 1983; MUTHUKRISHNAN; PANDIAN 1987; ALLEN et al., 1992). Essa necessidade em obter energia faz com que fêmeas invistam mais tempo na procura por presas do que machos. No entanto, o comportamento das fêmeas também pode variar em função da espécie de presa ofertada. SOARES et al. (2005) observaram maior voracidade de fêmeas de *H. axyridis* quando oferecidos afídeos. Šipoš et al. (2012) observaram que fêmeas tendem a atacar e consumir mais presas do que machos. O fato de fêmeas buscarem melhor suas presas e serem mais ágeis do que machos pode justificar o ocorrido no caso em específico do teste sem escolha (MUTHUKRISHNAN; PANDIAN 1987; HEMPTINNE et al., 1996).

3.5 Conclusões

A larva de *C. externa* mostrou-se mais ágil no consumo de sua presa quando comparada com a larva de *H. axyridis*.

O pedicelo do ovo do crisopídeo e seu tamanho reduzido mostraram-se eficientes como estratégia de escape frente a um possível predador.

Dependendo da quantidades de presas ofertadas, fêmeas de *H. axyridis* podem mudar seu comportamento tornando-se mais ágeis no ataque e consumo de suas presas quando comparadas a machos.

Tanto no teste com escolha quanto no teste sem escolha, adultos de *H. axyridis* realizam mais ataques em ninfas de *D. citri*.

Referências

- ADEDIPE, F.; PARK, Y.L. Visual and olfactory preference of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) adults to various companion plants. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, Seoul, v. 13, p. 319-323, 2010.
- ALLEN, J.S.; YANG, Y.; KNAPP, J.L.; STANSLY, P.A. Functional response, reproductive function and movement rate of a grazing herbivore: the citrus rust mite on the orange. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 75, p. 72–83, 1992.
- BAYOUMY, M.H.; MICHAUD, J.P. Egg cannibalism and its life history consequences vary with life stage, sex, and reproductive status in *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 108, n. 4, p. 1665-1674, Aug. 2015.
- CANARD, M. L'oophagie des larves du premier stade de chrysope (Neuroptera, Chrysopidae). **Experimentalis et Applicata**, College Park, v. 13, n. 1, p. 21–36, Mar. 1970.

CANARD, M.; DUELLI, P. Predatory behavior of larvae and cannibalism. In: CANARD, M.; NEW, T.R. (Ed.). **Biology of Chrysopidae**. Amsterdam: Dr. W. Junk, 1984. p. 92-100.

CANARD, M. Natural food and feeding habits of lacewings. In: McEWEN, P.K.; NEW, T.R.; WHITTINGTON, A.E. (Ed.). **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. chap. 6, p. 116-130.

DUELLI, P. Is larval cannibalism in lacewings adaptive? (Neuroptera: Chrysopidae). **Researches on Population Ecology**, Michigan, v. 23, p. 193-209, 1981.

DUELLI, P.; JOHNSON, J.B. Adaptive significance of the egg pedicel in green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NEUROPTEROLOGY, 4., 1992, Toulouse. **Current research in neuropterology: proceedings...** Toulouse 1992. p. 414.

ENKEGAARD, A.; BRØDSGAARD, H.F.; HANSEN D.L. *Macrolophus caliginosus*: Functional response to whiteflies and preference and switching capacity between whiteflies and spider mites. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 101, n. 1, p. 81–88, 2001.

FLESCHNER, C.A. Studies on searching capacity of the larvae of three predators of the citrus red mite. **Hilgardia**, Berkeley, v. 20, p. 233-264, 1950.

FREITAS, S. **O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 66 p.

GEPP, J. Morphology and anatomy of the preimaginal stages of Chrysopidae: a short survey. In: CANARD, M.; NEW, T.R. (ed.). **Biology of Chrysopidae**. Amsterdam: Dr. W. Junk, 1984. p. 92-100.

HEMPTINNE, J.L.; DIXON, A.F.G.; LOGNAY, G. Searching behaviour and mate recognition by males of the two-spot ladybird beetle, *Adalia bipunctata*. **Ecological Entomology**, Londres, v. 21, p. 165–170, 1996.

HILKER, M; MEINERS, T. Chemoecology of insect eggs and egg deposition. Blackwell Publishing, Berlin, 2002.

HINTON, H.E. **Biology of insect eggs**. Toronto: Pergamon Press, 1981. v. 1, 1125 p.

HONEK, A. Activity and predation of *Coccinella septempunctata* adults in the field (Coleoptera: Coccinellidae). **Zeitschrift für Angewandte Entomologie**, Berlin, v. 100, p. 399–409, 1985.

HUANG, N.; ENKEGAARD, A. Predation capacity and prey preference of *Chrysoperla carnea* on *Pieris brassicae*. **BioControl**, Dordrecht, v. 55, p. 379-385, 2010.

LEONARDSSON, K. Effects of cannibalism and alternative prey on population dynamics of *Saduria entomon* (Isopoda). **Ecology**, Durham, v. 72, p. 1273-1285, 1991.

LUCAS, E. How do ladybirds *Coleomegilla maculata* (Lengi) (Coleoptera: Coccinellidae) feed on green lacewing eggs *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae). **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 130, p. 547-548, July 1998.

LUCAS, E.; CODERRE, D.; VICENT, C. Voracity and feeding preferences of two aphidophagous coccinellids on *Aphis citricola* and *Tetranychus urticae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 85, p. 151–159, 1997.

MATSURA, T.; MOROOKA, K.I. Influences of prey density on fecundity in a mantis *Paratenodera angustipennis*. **Oecologia**, Berlin, v. 56, p. 303–312, 1983.

MICHAUD, J.P. Invasion of the Florida citrus ecosystem by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and asymmetric competition with a native species, *Cycloneda sanguinea*. **Environmental Entomology**, College Park, v. 31, n. 5, p. 827-835, 2002

MICHAUD, J.P.; OLSEN, L.E. Suitability of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, as prey for ladybeetles. **BioControl**, Dordrecht, v. 49, p. 417–431, 2004.

MIZELL, R.F. Impact of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on native arthropod predators in pecan and crape myrtle. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 90, n. 3, p. 524-536, 2007

MUTHUKRISHNAN, J.; PANDIAN, T.J. Relation between feeding and egg production in some insects. **Animal Science**, Penicuik, v. 96, p. 171–179, 1987.

NEW, T.R. The biology of Chrysopidae and Hemerobiidae (Neuroptera with reference to their usage as biocontrol agents: a review. **Transactions of Royal Entomological Society of London**, London, v. 127, p. 115-140, 1975.

OSAWA, N. Sibling cannibalism in the ladybird beetle *Harmonia-axyridis* -fitness consequences for mother and offspring. **Researches on Population Ecology**, Tokyo, v. 34, n. 1, p. 45–55, 1992.

OSAWA, N. Population field studies of the Aphidophagous ladybird beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): life tables and key factor analysis. **Researches on Population Ecology**, Tokyo, v. 35, n. 1, p. 335-348, 1993.

OSAWA, N. Ecology of *Harmonia axyridis* in natural habitats within its native range. **BioControl**, Dordrecht, v. 56, p. 613–621, 2011.

PARRA, J.P. Consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZU, A.R.; PARRA, J.P. (Ed.). **Ecologia nutricional de insetos e suas aplicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole. 1991. chap. 2, p. 9-57.

PELL, J.K.; BAVERSTOCK, J.; ROY, H.E.; WARE, R.L.; MAJERUS, M.E.N.; Intraguild predation involving *Harmonia axyridis*: a review of current knowledge and future perspectives. **BioControl**, Dordrecht, v. 53, p. 147-168, 2008.

PFENNIG D.W. Kinship and cannibalism. **Bioscience**, Washington, v. 47, n. 10, p. 667–675, 1997.

PHOOFOLO, M.W.; OBRYCKI, J.J. Potential for intraguild predation and competition among predatory Coccinellidae and Chrysopidae. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 89, p. 47-55, 1998.

POLIS, G.A. The effect of cannibalism on demography and activity of a natural population of desert scorpions. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, Berlin, v. 7, p. 25-35, 1980.

POLIS, G.A. The evolution and dynamics intraespecific predation. **Annual Review Ecology and Systematic**, New York, v. 12, p. 225- 251, 1981.

POLIS, G.A.; MYERS, C.A. The ecology and evolution of intra guild predation: potential competitors that eat each other. **Annual Review Ecology and Systematic**, New York, v. 20, p. 297-330, 1989.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

ROSENHEIM, J.A.; WILHOIT, L.R.; ARMER, C.A. Influence of intraguilda predation among generalist insect predator on the suppression of an herbivore population. **Oecologia**, Berlin, v. 96, p. 439-449, 1993.

SADEGHI, H.; GILBERT, F. Individual variation in oviposition preference, and its interaction with larval performance in an insect predator. **Oecologia**, Berlin, v. 118, p. 405-411, 1999.

ŠIPOŠ, J.; KVAŠTEGÅRD, A.; BAFFOE, K.O.; SHARMIN, K.; GLINWOOD, R.; KINDLMANN, P. Differences in the predatory behaviour of male and female ladybird beetles (Coccinellidae). **European Journal of Environmental Sciences**, Praga, v. 2, n. 1, p. 51-55, 2012.

SNYDER, W.E.; JOSEPH, S.B.; PREZIOSI, R.F.; MOORE, A.J. Nutritional benefits of cannibalism for the lady beetle *Harmonia axyridis* when prey quality is poor. **Environmental Entomology**, College Park, v. 29, p. 1173-1179, 2000.

SOARES, A.O.; CODERRE, D.; SCHANDERL, H. Influence of prey quality on the fitness of two phenotypes of *Harmonia axyridis* adults. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 114, p. 227-232, 2005.

TAYEH, A.; ESTOUP A.; LOMBAERT, E.; GUILLEMAUD, T.; KIRICHENKO, N.; LAWSON-HANDLEY, L.; DE CLERCK, P.; FACON, B. Cannibalism in invasive, native and biocontrol populations of the harlequin ladybird. **Evolutionary Biology**, New York, v. 14, n. 15, p. 1-9, 2014.

VILELA, E.F.; DELLA LUCIA, T.M.C. Introdução aos semioquímicos e terminologia. In: VILELA, E.F.; DELLA LUCIA, T. (Ed.). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 9-12.

WARE, R.L.; YGUEL, B.; MAJERUS, M.E.N. Effects of competition, cannibalism and intraguild predation on larval development of the European coccinellid *Adalia bipunctata* and the invasive species *Harmonia axyridis*. **Ecological Entomology**, London, v. 34, p. 12–19, 2009.

WHITNEY, G.D.; GABLER, C.A. Rapid evolution in introduced species, invasive traits and recipient communities: challenges for predicting invasive potencial. **Diversity and Distribution**, Oxford, v. 14, p. 569-580, 2008.

XU, X.; ENKEGAARD, A. Prey preference of *Orius sauteri* between Western flower thrips and spider mites. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 132, n. 1, p. 93–98, 2009.

4 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PREDACÃO INTRAGUILDA E CANIBALISMO EM DIFERENTES CONFINAMENTOS E DENSIDADE DE PRESA COMPARTILHADA

Resumo

O Objetivo deste estudo foi investigar o comportamento predatório de *Harmonia axyridis* e *Chrysoperla externa* sob diferentes densidades de *Diaphorina citri* e combinações de predadores. Os tratamentos comparados no estudo consistiram de predadores confinados com presas em placas de Petri, de forma a possibilitar combinações sem escolha de presas intraguildda, combinações com escolha de presas intraguildda e combinações com a presença de dois predadores da mesma espécie para possibilitar o canibalismo. Os experimentos foram feitos utilizando-se as densidades de 5, 10, 15, 30, 60, 80 ninfas de *D. citri* por placa e para cada densidade as combinações de 1 *C. externa* e 1 *H. axyridis* individualizados em diferentes placas, 1 *C. externa* e 1 *H. axyridis* na mesma placa para avaliação de predação intraguildda, e para possibilitar o canibalismo 2 *C. externa* e 2 *H. axyridis* em diferentes placas. O delineamento experimental foi por blocos casualizados, no esquema fatorial 6x5 e com 2 fatores: densidade de presa e combinação de predadores. Foi avaliado o número de *D. citri* predadas, bem como a sobrevivência dos predadores. Modelos lineares generalizados do tipo quase-binomial foram ajustados aos dados de proporção de presas consumidas incluindo os efeitos de bloco, tipo de combinação de predadores, densidade de presa e interação entre tipo de combinação de predadores e densidade de presas no preditor linear. Os resultados obtidos sugerem não haver diferença significativa entre os tratamentos contendo dois crisopídeos e uma joaninha com um crisopídeo. Contudo, em ambos o consumo de presas foi maior em todas as densidades quando comparados aos demais tratamentos. A presença de um predador competindo com o outro não influenciou o consumo de presas. Ambos os predadores consumiram presas sem serem mutuamente atingidos, mostrando ser o comportamento, sob condições experimentais, compatível com a ideia de combinar diferentes predadores para o consumo de *D. citri* em programas de manejo de pragas. .

Palavras-chave: Crisopídeo; Joaninha; *Harmonia axyridis*; Psilídeo; Predação intraguildda

Abstract

The objective of this study was to investigate the predatory behavior of *Harmonia axyridis* and *Chrysoperla externa* under different densities of *Diaphorina citri* and combinations between predators. The treatments compared in the study were predators confined with intraguildd prey in Petri dishes, designing combinations with and without intraguildd prey choice and combinations with two conspecifics predators to consider cannibalism. The experiments were designed with different densities of *D. citri* and the survivors recorded. The experimental design was set taking into account randomized blocks and factorial (6x5), with two factors: prey density and combination of predators. GLM models using quasi-binomial functions were fitted to the data of consumed prey ratio, including block effect, type of predator combination, prey density and interaction between predator combination and prey densities in the linear predictor. The results obtained suggest no significant difference between treatments containing two green lacewings and a ladybug with a green lacewing. However, in both the prey consumption was higher in all densities if compared to other treatments. The presence of a predator competing with other did not influence negatively the prey consumption. Both predators consumed prey without mutually affect themselves, indicating that the behavior, under laboratory conditions, is compatible with the idea of combining predators for consumption of *D. citri* in pest management programs.

Keyword: Green lacewing; Ladybug; *Harmonia axyridis*; Psyllid; Intraguild predation

4.1 Introdução

Chrysoperla externa (Neuroptera: Chrysopidae) e *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) são predadores generalistas com bom potencial para uso em controle de pragas. No entanto, apesar de serem importantes predadores de pragas, ambas as espécies exibem atributos ecológicos e comportamentais que carecem de maior investigação, no intuito de verificar se a presença simultânea delas é positiva para inserções em programas de manejo integrado de pragas (PHOOFOLO; OBRYCKI, 1998; SOUZA et al., 2008; NEDVĚD; KREJČÍK, 2010). *Harmonia axyridis* é uma espécie que demanda atenção devido à sua rápida adaptação a diferentes condições climáticas e ao impacto causado em populações de inimigos naturais, por seu comportamento já conhecido como predadora intraguilida (MARTINS et al., 2009; NEDVĚD; KREJČÍK, 2010). *Chrysoperla externa* também pode apresentar o mesmo potencial de predação sobre competidores e, algumas vezes, sobressair-se no desempenho se comparada ao coccinelídeo *H. axyridis* (PHOOFOLO; OBRYCKI, 1998; SOUZA et al., 2008; NEDVĚD et al., 2013).

Em sistemas agrícolas, particularmente levando em conta o manejo integrado de pragas, é esperada a contribuição de ambos predadores como agentes controladores de pragas, auxiliando simultaneamente na diminuição de pragas presente. Em especial, na citricultura ambos predadores são de extrema importância, especialmente no controle de pulgões, como por exemplo *Toxoptera citricida* (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae) e do psíldeo *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908) (Hemiptera: Psyllidae). *Diaphorina citri* vem recebendo destaque recentemente por sua boa capacidade vetorial para transmitir a bactéria causadora do Huanglongbing (HLB) (BONANI et al., 2009; MICHAUD; OLSEN, 2004) em citros, com alta incidência no Brasil, nos Estados Unidos e na Espanha (USDA, 2016).

A despeito do bom potencial de *H. axyridis* para controle de *D. citri* em função dos atributos da espécie como predadora e também da provável chance de encontro entre elas em citros (MILLÉO et al. 2008), há diversos relatos sobre a associação entre a presença de *H. axyridis* e a redução no número de inimigos naturais em pomares de citros (ADRIAENS et al., 2003; KOCH et al., 2006; MILLÉO et al., 2008).

Apesar de diversos estudos indicarem alto potencial para predação intraguilida por *H. axyridis*, ou mesmo em crisopídeos pertencentes ao gênero *Chrysoperla*, o comportamento dos potenciais predadores pode variar de acordo com a composição da comunidade de presas e potenciais presas, possíveis competidores presentes na área, culturas e pragas relacionadas,

densidade populacional da presa e do predador, fatores abióticos e estágio de vida dos insetos (MICHAUD; GRANT, 2003; NOPPE et al., 2012; BERG et al., 2012; SENTIS et al, 2013).

Já são conhecidos estudos investigando a natureza e o surgimento da predação intraguilda tanto em comunidades aquáticas, quanto terrestres. Segundo a teoria proposta por Holt e Polis (1997), há critérios para coexistência de predadores em sistemas onde há predação intraguilda, como por exemplo: a espécie intermediária (presa intraguilda) deve ser superior na competição explorativa por um mesmo recurso, enquanto que a espécie no topo (predador intraguilda) deverá beneficiar-se do consumo das espécies intermediárias. A densidade de presas extraguilda também pode influir na coexistência entre dois competidores intraguilda, já que o aumento em suas densidades pode diminuir a chance de ocorrência de predação intraguilda e canibalismo (HOLT; POLIS 1997; MORIN, 1999; DIEHL; FEISSEL, 2000, 2001; MYLIUS et al., 2001; BORER et al., 2003; LUCAS; ROSENHEIM, 2011). Apesar de muitos resultados mostrarem *H. axyridis* como predador superior e extremamente danoso para outras espécies de inimigos naturais, não há estudos sobre a interação de *H. axyridis* e *C. externa* em estágios específicos de vida incluindo diferentes densidades de presa.

O conhecimento sobre os fatores que influenciam o comportamento dos insetos é de extrema importância antes da liberação de predadores em programas de manejo integrado de pragas. Este estudo teve como objetivo investigar o comportamento dos predadores *H. axyridis* e *C. externa* no tocante ao consumo de presas, levando em conta o potencial para a predação intraguilda e o canibalismo, sob diferentes densidades de *Diaphorina citri* e combinação de predadores.

4.2 Material e Métodos

O delineamento experimental foi planejado por meio de blocos casualizados no esquema fatorial 6x5 com 2 fatores: densidade de presa e combinação de predadores, sendo 14 repetições para cada tratamento. As densidades de psilídeos utilizadas foram: 5, 10, 15, 30, 60 e 80. Para cada densidade, foram colocadas ninfas do psilídeo *D. citri* de 4º e 5º instares em Placas de Petri de 10 cm de diâmetro. As placas foram subsequentemente envoltas por filme de polietileno. Os tratamentos consistiram, para cada densidade de: ninfas do psilídeo + uma larva de joaninha (J), ninfas do psilídeo + uma larva de crisopídeo (C), ninfas do psilídeo + uma larva de crisopídeo + uma larva de joaninha (JC) e para considerar a possibilidade de canibalismo os seguintes tratamentos: ninfas do psilídeo + duas joaninhas (JJ) e ninfas do psilídeo + dois crisopídeos (CC). Larvas de 2º instar de ambos predadores foram deixadas previamente em jejum por 3h e em seguida colocadas nas placas juntamente com as ninfas de

D. citri. Após 3h foi registrado o número de indivíduos consumidos, bem como a sobrevivência dos predadores.

4.2.1 Análise Estatística

Modelos lineares generalizados do tipo quase-binomial foram ajustados aos dados de proporção de presas consumidas incluindo os efeitos de bloco, tipo de combinação de predadores, densidade de presa e interação entre tipos de combinação de predadores e densidade de presas no preditor linear. Submodelos foram ajustados e comparados por meio do teste F, possibilitando assim levar em conta a superdispersão e estimativa do parâmetro de dispersão do modelo linear generalizado. A qualidade do ajuste foi verificada por meio de gráficos meio-normais com envelopes de simulação. Todas as análises foram feitas com o *software* gratuito “R” (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015).

4.3 Resultados

Houve interação significativa entre tipo de combinação de predador e densidade de presa ($F_{4,393}=5,51$; $p<0,01$). Não houve diferença significativa entre as combinações CC e JC ($F_{2,391}=2,31$; $p=0,10$), mas os demais tratamentos (C, J, JJ) diferem entre si. A maior quantidade de presas consumidas foi observada nos tratamentos CC e JC.

A figura 6 analisa a proporção de consumo em função das densidades, mostrando a dispersão dos dados para cada um dos tratamentos do estudo. Nas combinações com dois crisopídeos (CC) e um crisopídeo com uma joaninha (JC) nota-se, pela dispersão de dados, um padrão de ajuste de curva similar, com valores de consumo atingindo patamares maiores que os outros tratamentos e, portanto, indicando maior potencial de eliminação de *D. citri* se comparado às outras combinações. Além disso, ficou clara a superioridade geral no consumo de presas obtido na combinação CC, para densidades a partir de 15 presas.

A Figura 7 confirma visualmente o pressuposto gerado pela Figura 6, já que não considera a dispersão dos dados, ou seja, há uma hierarquia de consumo de presas, sugerindo maior consumo de presas na seguinte ordem: CC, JC, JJ, C e J.

Embora se tenha utilizado diferentes densidades de presa, apenas em duas placas foram observadas a predação de um predador sobre outro. Ocorreu predação intraguilda no tratamento JC, na densidade de 5 indivíduos, e canibalismo em CC, na densidade de 10 psilídeos, ou seja, tanto a predação intraguilda quanto o canibalismo não foram frequentes, somente ocorrendo nas duas densidades mais baixas.

Figura 6 – Proporção de *D. citri* consumidas nas diferentes densidades de *D. citri* e combinações de predadores (C = 1 crisopídeo, J = 1 joaninha, JC = 1 joaninha e 1 crisopídeo, CC = 2 crisopídeos, JJ = 2 joaninhas)

Figura 7 – Comparação do consumo médio de *D. citri* entre os tratamentos

4.4 Discussão

Nos tratamentos CC e JC, o consumo de presas foi significativamente maior em todas as densidades quando comparado aos outros tratamentos (J, C, JJ) e nota-se um aumento no consumo de presas em função da densidade. O resultado comparativo que aparece na figura 7 sugere padrões de resposta funcional condizentes com o tipo II, ou seja, a resposta em que a saturação do consumo de presas é expressa por comportamento assintótico (HASSEL et al., 1977; HASSEL, 1978). Contudo, a natureza do delineamento experimental aqui apresentado não permite testar ajustes desta natureza, em razão dos modelos de resposta funcional terem sido desenvolvidos para avaliar o consumo de presas por um único predador (HOLLING, 1959, 1965).

O aumento na densidade de presas extraguilha é frequentemente associado à diminuição na frequência de predação intraguilha (LUCAS; ROSENHEIM, 2011). No entanto, neste trabalho, mesmo nas baixas densidades, houveram poucas ocorrências de predação intraguilha e canibalismo, sendo a ação registrada apenas nas menores densidades 5 (JC) e 10 (CC) psilídeos. No presente estudo, apesar da baixa incidência de predação intraguilha, quando os predadores encontravam-se no segundo instar, a presença de um competidor afetou de maneira positiva o consumo de presas, já que ambos os predadores consumiram suas presas sem se prejudicarem mutuamente. No entanto, como o tempo de observação foi limitado em 3 horas e também pelo fato das larvas serem de segundo instar e com menos de um dia de idade, não se sabe se após esse período poderia ter ocorrido predação intraguilha. A justificativa para a baixa ocorrência de predação intraguilha também está relacionada à larvas de 2º instar de joaninha e crisopídeo apresentarem o mesmo nível de agressividade e voracidade, diminuindo a incidência de predação intraguilha entre elas (PHOFOOLO; OBRYCKI, 2008; NOPPE et al., 2012; NEDVĚD et al., 2013).

Além da densidade de presas, a estrutura etária também tem sido relatada como importante fator capaz de influenciar o comportamento de predação intraguilha (MYLIUS et al., 2001; SENTIS et al., 2013; GAGNON; BRODEUR, 2014). NedvĚd et al. (2013) observaram um intervalo de tempo entre 20 e 25 horas para que larvas de 2º instar dos predadores pudessem atacar-se mutuamente. Em 50% dos casos, larvas de segundo instar de *Chrysoperla carnea* precisaram de 20 horas para atuar como predadores intraguilha sobre larvas de segundo instar de *H. axyridis*, na ausência de recurso alimentar. Larvas de joaninhas são consideradas potenciais predadores intraguilha e canibais, tornando-se mais vorazes nos 3º e 4º instares, quando apresentam maior tamanho e aumento no número de presas consumidas (NEDVĚD et al., 2013; BAYOUMY; MICHAUD, 2015). Por isso, ressalta-se a

importância de novos trabalhos envolvendo a combinação de diferentes idades dos predadores.

Inferências sobre os resultados obtidos em laboratório para experimentação em campo, ou mesmo sobre liberação simultânea de inimigos naturais em plantios, somente devem ser feitas após a realização de testes de probabilidade de encontro entre predadores e presa no contexto de interações intraguilda, provavelmente através de experimentos de liberação e recaptura, já que as possibilidades de fuga são maiores em condições que extrapolam experimentos laboratoriais (ALLEMA 2014, BANCROFT 2005, GURR et al. 2012). Experimentos que incluam a manipulação da migração de inimigos naturais através da utilização de semioquímicos (Rodriguez-Saona, 2012) poderiam ser úteis para o estabelecimento de um programa de pesquisa enfatizando a chance de encontro entre predador *versus* presa e predadores, no contexto de predação intraguilda. Contudo, os resultados obtidos neste estudo trazem boas evidências experimentais para dar suporte a estudos em campo sobre sinergismo entre espécies de inimigos naturais, com vistas à redução da população de pragas em plantios (BERG et al., 2012). Assim, os resultados encontrados tem alta relevância, visto que mostram até o momento bom potencial para uso das espécies conjuntamente em programas de manejo de *D. citri*.

4.5 Conclusões

Para larvas de 2º ínstar dos predadores, a alteração na densidade de presas não favoreceu significativamente o comportamento de canibalismo ou mesmo predação intraguilda. Joaninha juntamente com crisopídeo ou crisopídeos juntos, ambos de 2º instar, mostraram-se as melhores opções para aumentar o consumo de presas em liberações de agentes de controle biológico em programas de manejo integrado de pragas, sem que haja impacto negativo sobre seu competidor.

Referências

- ADRIAENS, T.; BRANQUART, E.; MAES, D. The multicoloured Asian ladybird *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae), a threat for native aphid predators in Belgium? **Belgian Journal of Zoology**, Gent, v. 133, p. 195-196, 2003.
- ALLEMA, B. Quantifying and simulating movement of the predator carabid beetle *Pterostichus melanarius* in arable land. 2014. 129p. Tese – Wagening University, Holanda, 2014.

BANCROFT, J.S. Dispersal and Abundance of *Lygus hesperus* in Field Crops. **Environmental Entomology**, College Park, v. 34, n. 6, p. 1517-1523, 2005

BAYOUMY, M.H.; MICHAUD, J.P. Egg cannibalism and its life history consequences vary with life stage, sex, and reproductive status in *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 108, n. 4, p. 1665-1674, 2015.

BERG, C.L.R.; LANGE, H.J.; LENTEREN, J.C. Intraguild predation behaviour of ladybirds in semi-field experiments explains invasion success of *Harmonia axyridis*. **PlosOne**, San Francisco, v. 7, n. 7, p. 1-11, 2012.

BONANI, J.P.; SOUZA, B.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; CORREA, L.R.B. Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) e *Toxoptera citricida* (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 31-38, jan./fev. 2009.

BORER, E.T.; BRIGGS, C. J.; MURDOCH, W.W.; SWARBRICK, S.L. Testing intraguild predation theory in a field system: does numerical dominance shift along a gradient of productivity? **Ecology Letters**, Oxford, v. 6, p. 929-935, 2003.

DIEHL, S.; FEISSEL, M. Intraguild prey suffer from enrichment of their resources: a microcosm experiment with ciliates. **Ecology**, Durham, v. 82, p. 2977-2983, 2001.

GAGNON, A.; BRODEUR, J. Impact of plant architecture and extraguild prey density on intraguild predation in an agroecosystem. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 152, n. 2, p. 165-173, 2014.

GURR, G.M.; HEONG, K.I.; CHENG, J.A.; CATINDIG, J. **Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management**. Gurr, G.M.; Wratten, S.D.; Snyder, W.E. (ed.). Oxford: Wiley-Blackwell, 2012, 355p.

HASSELL, M.P. **The dynamics of arthropod predator-prey systems**. Princeton: Princeton University Press, 1978. 227 p.

HASSELL, M.P.; LAWTON, J.H.; BEDDINGTON, J.R. The components of arthropod predation. I. The prey death-rate. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 45, p. 135-164, 1977.

HOLLING, C.S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. The **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 91, p. 385-398, 1959.

HOLLING, C.S. The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. **Memoirs of Entomological Society of Canada**, Ottawa, v. 45, p. 6-60, 1965.

- KOCH, R.L.; VENETTE, R.C.; HUTCHISON, W.D. Invasions by *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in the Western Hemisphere: Implications for South America. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 421-434, 2006.
- LUCAS, E.; ROSENHEIM, J.A. Influence of extraguild prey density on intraguild predation by heteropteran predators: a review of the evidence and a case study. **Biological Control**, Orlando, v. 59, n. 1, p. 61-67, 2011.
- MARTINS, B.C.; ALMEIDA, L.M.; ZONTA-DE-CARVALHO, R.C.; CASTRO, C.F.; PEREIRA, R.A. *Harmonia axyridis*: a threat to Brazilian Coccinellidae? **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 53, n. 4, p. 663-671, 2009.
- MICHAUD, J.P.; GRANT, A.K. Intraguild predation among ladybeetles and a green lacewing: do the larval spines of *Curinus coeruleus* (Coleoptera: Coccinellidae) serve a defensive function? **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 93, n. 6, p. 499-505, 2003.
- MICHAUD, J.P.; OLSEN, L.E. Suitability of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, as prey for ladybeetles. **BioControl**, Dordrecht, v. 49, p. 417-431, 2004.
- MILLÉO, J.; FERNANDES, F.S.; GODOY, W.A.C. Comparative demography of the exotic *Harmonia axyridis* with other aphidophagous coccinellids reared on artificial diet. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 1, p. 1-10, jan., 2014.
- MILLEO, J.; SOUZA, J.P.T.; BARBOLA, I.F.; HUSCH, P.E. *Harmonia axyridis* em árvores frutíferas e impacto sobre outros coccinelídeos predadores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.4, p.537-540, abr. 2008.
- MORIN, P. Productivity, intraguild predation, and population dynamics in experimental food webs. **Ecology**, Durham, v. 80, n. 3, p. 752-760, 1999.
- MYLIUS, S.D.; KLUMPERS, K.; DE ROOS, A.M.; PERSSON, L. Impact of intraguild predation and stage structure on simple communities along a productivity gradient. **American Naturalist**, Chicago, v. 158, n. 3, p. 259-276, 2001.
- NEDVĚD, O.; KREJČÍK, S. Record of the ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) from Uruguay. **Klapalekiana**, Republica Checa, v. 46, p. 203-204, 2010.
- NEDVĚD, O.; FOIS, X.; UNGEROVÁ, D.; KALUSHKOV, P. Alien vs. predator: the native lacewing *Chrysoperla carnea* is the superior intraguild predator in trials against the invasive ladybird *Harmonia axyridis*. **Bulletin of Insectology**, Bologna, v. 66, n. 1, p. 73-78, 2013.
- NOPPE, C.; MICHAUD, J.P.; DE CLERCQ, P. Intraguild predation between lady beetles and lacewings: outcomes and consequences vary with focal prey and arena of interaction. **Annals of the Entomological Society of America**, Maryland, v. 105, n. 4, p. 562-571, 2012.
- PHOOFOLO, M.W.; OBRYCKI, J.J. Potential for intraguild predation and competition among predatory Coccinellidae and Chrysopidae. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 89, n. 1, p. 47-55, 1998.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 09 fev. 2016.

RODRIGUEZ-SAONA, C.; BLAAUW, B.R.; ISAACS, R. **Manipulation of Natural Enemies in Agroecosystems: Habitat and Semiochemicals for Sustainable Insect Pest Control, Integrated Pest Management and Pest Control - Current and Future Tactics**. Soloneski, S. (Ed.). Croácia: InTech Open Access Publisher, 2012, p.89.

SENTIS, A.; HEMPTINNE, J.L.; BRODEUR, J. How functional response and productivity modulate intraguild predation. **Ecosphere**, Fort Lauderdale, v. 4, n. 4, p. 1-14, 2013.

SOUZA, B.; COSTA, R.I.F.; TANQUE, R.L.; OLIVEIRA, P.S.; SANTOS, F.A. Aspectos da predação entre larvas de *Chrysoperla externa* (hagen, 1861) e *Ceraeochrysa cubana* (hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em laboratório. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 712-716, maio/jun. 2008.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. Acesso em: 16 fev. 2016

5 DESENVOLVIMENTO BIOLÓGICO E DESEMPENHO DE PREDADORES INTRAGUILDA EM DIFERENTES PRESAS

Resumo

Harmonia axyridis é importante predadora intraguilda e generalista e exerce forte influência sobre populações de inimigos naturais, por ser potencial competidora e predadora intraguilda. Visando compreender melhor o comportamento de predação intraguilda entre *Chrysoperla externa* e *Harmonia axyridis*, foi testada a interação entre esses predadores, simulando a existência de apenas uma presa (um item alimentar) como fonte de alimento. No primeiro tratamento foram oferecidas ninfas de 4º e 5º instar, escolhidas aleatoriamente, de *D. citri* e em outro tratamento ovos de *Ephestia kuehniella* “ad libitum” às larvas de primeiro instar dos predadores. As combinações de predadores foram as mesmas para ambas presas ofertadas: *C. externa* e *H. axyridis* isoladas em placas diferentes e *C. externa* e *H. axyridis* na mesma placa de Petri, alimentando-se da mesma presa. Para considerar o efeito de canibalismo, duas larvas de *H. axyridis* em uma mesma placa e, em outra placa, duas larvas de *C. externa*. No total foram 10 tratamentos com 16 repetições cada, sendo 5 tratamentos utilizando-se ovos de *Ephestia kuehniella* e 5 tratamentos com ninfas de *D. citri*. Os testes foram conduzidos em ambiente controlado com temperatura $25 \pm 2^\circ\text{C}$, fotofase 12h e umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e foi avaliada a duração das fases imaturas, proporção de *D. citri* consumidas ao longo do tempo, incidência de canibalismo e predação intraguilda entre elas. *Diaphorina citri* mostrou-se excelente para o desenvolvimento dos predadores assim como ovos de *E. kuehniella*, apesar da diferença significativa entre elas. Com relação à duração dos instares, pode-se observar que mesmo *H. axyridis* apresentando um instar a mais, o seu desenvolvimento foi mais rápido que *C. externa* na maioria dos tratamentos. Na maioria dos tratamentos com ambos predadores, *H. axyridis* e *C. externa* colocados na mesma placa de Petri, *H. axyridis* teve melhor desempenho, sobressaindo-se perante *C. externa*, que foi predada em 70% das repetições, quando ainda estava no primeiro instar ou início do segundo. Neste estudo, o comportamento de *H. axyridis* confirma sua agressividade mesmo quando o alimento é suficiente para ambos predadores e enfatiza a importância da escolha adequada da combinação de predadores para obtenção do sucesso no controle biológico.

Palavras-chave: *Chrysoperla externa*; *Harmonia axyridis*; *Diaphorina citri*; Desenvolvimento larval; Canibalismo; Competição

Abstract

Harmonia axyridis is an important intraguild predator and generalist, which may exert strong influence on natural enemies because is a potential competitor and intraguild predator. To better understand the intraguild predation in *Chrysoperla externa* and *Harmonia axyridis*, the interactions between these predators were investigated simulating the existence of only a prey as food source. *Diaphorina citri* nymphs of 4º. and 5º. instars and *Ephestia kuehniella* eggs were randomly chosen and offered to the first instar larvae of predators. The combinations between predators were the same for both prey: *C. externa* and *H. axyridis* isolated in different Petri dishes, *C. externa* and *H. axyridis* in the same Petri dishes feeding on the same prey and two predators of each species in different Petri dish to consider the cannibalism effect. Ten treatments containing sixteen replicates each one, with five replicates of larvae feeding on *Ephestia kuehniella* eggs and in the other five feeding on *D. citri* nymph.

The experiments were conducted at 25 ± 2 °C and humidity of $60 \pm 10\%$. Time of immature stage, cannibalism and intraguild predation were evaluated in this study. *Diaphorina citri* and *Ephestia kuehniella* were excellent prey with development for predators without significant difference. The development time of *H. axyridis* was shorter than *C. externa* most of treatments. *Harmonia axyridis* exhibited a high percentage of intraguild predation, preying on first or newly second instar of *C. externa* in 70% of replicates. In treatments with *C. externa* larvae preying *H. axyridis* larvae, the green lacewing showed faster development than other treatments. This study confirmed the aggressive behavior of *H. axyridis*, even when supplies are enough for both predators. We emphasize the importance of proper choice of predator combination to succeed in biological control.

Keyword: *Ephestia kuehniella*; *Diaphorina citri*; Larval development; Cannibalism; Competition

5.1 Introdução

Harmonia axyridis (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) tem se destacado como espécie invasora no Brasil e em várias localidades do mundo, apresentando alta taxa de colonização e sendo amplamente conhecida não só por ser importante predador generalista, mas também por ser predador intraguilda, e portanto, de extrema relevância para o contexto de controle biológico e conservação de inimigos naturais (KOCH, 2003; MAJERUS et al., 2006; WARE; MAJERUS, 2008; KATSANI et al., 2013). O sucesso na sua disseminação pode então ser atribuído à sua diversificação comportamental no que diz respeito a explorar recursos como predadora/competidora, o que determina a predação intraguilda, bem como sua ampla capacidade de atacar diferentes presas e seu sucesso no estabelecimento e rápida colonização em diferentes áreas, provavelmente resultante da magnitude de sua alta demografia (PELL et al., 2008; WARE; MAJERUS, 2008; MILLEO et al., 2014).

Coccinelídeos em geral, mostram-se excelentes predadores de pulgões e também psilídeos, principalmente por completarem o desenvolvimento rapidamente com esses tipos de presa, incluindo uma das principais espécies de praga do citros atualmente, *Diaphorina citri* (ROSENHEIM et al., 1995; MICHAUD; OLSEN, 2004). O psilídeo *D. citri* é uma praga de extrema importância por ser vetora de uma bactéria causadora do Huanglongbing (HLB), além dos danos diretos ocasionados pela sucção da seiva. Huanglongbing tem ocasionado sérios prejuízos à citricultura através da deformação de frutos, maturação irregular, assimetria e abortamento de sementes, gerando prejuízos para o produtor, tanto em produtividade quanto na qualidade (HALBERT; MANJUNATH, 2004; MICHAUD, 2004; BASSANEZI et al., 2006). Além de consumir presas como *D. citri*, *H. axyridis*, em muitas situações, consegue também completar seu desenvolvimento ao se alimentar de larvas de outros coccinelídeos como *Coccinella septempunctata* L. (YASUDA; OHNUMA, 1999) e *Cicloneda sanguinea*

(MICHAUD, 2002), por um lado garantindo a sua subsistência, mas por outro, também contribuindo com o extermínio de espécies nativas. Além de coccinelídeos, há evidências também de que *H. axyridis* se beneficia de ovos de *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (Neuroptera: Chrysopidae), importante inimigo natural em citros nos EUA (PHOOFOLO; OBRYCKI, 1998; SZENTKIRÁLYI, 2001).

Predadores do gênero *Chrysoperla* estão presentes em toda a América e também são eficientes no controle de pragas, porém, por vezes com potencial para predação intraguilda. Dependendo do estágio de vida em que se encontra, *C. carnea* pode ser extremamente eficiente no ataque, pois se sobressai em confronto com larvas de segundo instar de *H. axyridis*, realizando predação intraguilda (NEDVED et al., 2013). Além de *C. carnea*, também há registros de outras espécies como *Cereaochrysa cincta* e *Chrysoperla rufilabris* com comportamento de predação intraguilda sobre coccinelídeos ou mesmo sobre outras espécies de crisopídeos (MICHAUD; GRANT, 2003; MOCHIZUKI et al., 2009; NEDVED et al., 2013; CARDOSO et al., 2015). Se pelo ponto de vista do controle biológico a predação intraguilda pode ser considerada negativa, para um contexto mais abrangente e sob circunstâncias específicas, como em densidades extremas, a interação pode ser benéfica. Surtos de *Harmonia axyridis* já tem sido relatados (ORLOVA-BIENKOWSKAJA, 2014) e para cenários dessa natureza a predação intraguilda, assim como também o canibalismo, podem contribuir com a estabilidade populacional ou da comunidade, gerando coexistência estável para diferentes predadores (REED et al., 1996; SHCHEKINOVA et al., 2013).

O canibalismo, por outro lado, pode ser um mecanismo de autorregulação de espécies, incluindo predadores intraguilda, já que ao diminuir sua população pode permitir a coexistência dos predadores. O canibalismo de larvas de *H. axyridis* por ovos é responsável por 60% da mortalidade dos imaturos (OSAWA, 1989). Ao mesmo tempo, o canibalismo pode ser uma fonte alternativa de recurso e altamente importante para crisopídeos e joaninhas. Quando na presença de alimentos com qualidade nutricional baixa, ou mesmo na ausência dos nutrientes, *H. axyridis* garante o seu desenvolvimento e, conseqüentemente, sua sobrevivência em campo (SNYDER et al., 2000). Já para crisopídeos, o canibalismo entre larvas neonatas por ovos é comum e esse comportamento é muito importante para garantir sua sobrevivência ao dobrar seu tempo de vida (CANARD, 1970). Tanto o canibalismo quanto a predação intraguilda, são eventos difíceis de serem observados e seus efeitos em campo são de difícil quantificação (NEW, 1975; CANARD; DUELLI, 1984; AEBI et al., 2011).

A compreensão sobre o comportamento de predadores, quando estão juntos em um mesmo ambiente compartilhando presas, é de extrema importância. Tamanho, mobilidade,

mecanismos de defesa, duração dos estágios de desenvolvimento, densidade de presas e predadores podem influenciar o comportamento de predadores convencionais e certamente de predadores intraguilda (MILLEO et al. 2014). Nos capítulos anteriores a predação intraguilda e o canibalismo foram explorados sob a perspectiva comparativa do desempenho entre *H. axyridis* e *C. externa*, confinados com somente uma espécie de presa, *D. citri*, praga que não exhibe nenhum tipo de interação que possa atribuir-lhe o status de predadora intraguilda. Os resultados encontrados foram discutidos sempre no contexto de fatores restritos ao sistema *H. axyridis*, *C. externa* e *D. citri*.

Apesar dos resultados terem sido de alta relevância para a compreensão do funcionamento do sistema, há outros fatores ainda não tratados nestes capítulos, capazes de influenciar os comportamentos analisados e dentre eles, até mesmo a própria espécie de presa *D. citri*. É certo que a resposta comportamental, demográfica e principalmente de desenvolvimento biológico de predadores intraguilda é altamente dependente do tipo de presa (POLIS; MYERS, 1989; HOLT; HUXEL, 2007). Contudo, o desempenho dos predadores não pôde ser avaliado de forma completa no tocante ao desenvolvimento das espécies de predadores, considerando diferentes fases de vida por conta do delineamento traçado.

Portanto, seria altamente desejável a realização de outros estudos que também comparassem o desempenho de *H. axyridis* e *C. externa* tendo como presa compartilhada, outra espécie que não *D. citri* e, particularmente, espécie que exibisse biologia e metamorfose completamente diferente de *D. citri*. Além disso, importante seria avaliar questões de desempenho biológico envolvidas em diferentes instares das espécies predadoras, o que certamente traria nova dimensão na interpretação das relações tróficas. Neste capítulo, buscou-se atender as demandas acima mencionadas, pela realização de experimentos comparando o desempenho dos predadores sobre *D. citri* ao desempenho sobre outra espécie de presa, *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Ephestia kuehniella* é uma espécie de inseto da ordem Lepidoptera comumente conhecido como traça-da-farinha que causa sérios prejuízos aos produtos armazenados, dentre os quais trigo, milho e arroz (GALLO et al., 2002). Destaca-se por ser encontrada com frequência em farinhas, farelos, fubás e produtos assemelhados (DOBIE et al., 1984; GALLO et al., 2002). Essa espécie é comumente utilizada para criação tanto de *H. axyridis* quanto de *C. externa*, apresentando excelente qualidade nutricional para ambos predadores. As suas propriedades bioecológicas a tornam ótimo modelo de estudo para fins comparativos no tocante à ecologia de interações tróficas.

Não há estudos testando a interação entre os predadores *Harmonia axyridis* e *Chrysoperla externa* ao longo do desenvolvimento, sobretudo tendo diferentes presas fora do

contexto intraguildd, para fins comparativos. Algumas questões podem ser levantadas com relação a predação intraguildd e canibalismo entre esses dois predadores. Como os predadores intraguildd investigados no presente estudo responderiam à presença de outra espécie de presa no lugar de *D. citri*? Com que taxas de desenvolvimento e tempos de consumo responderiam os predadores se o crescimento entre fases de vida fosse mensurado em diferentes estágios de vida dos predadores?

No intuito de responder a essas perguntas, o objetivo desse estudo foi comparar se a alimentação com outra presa diferente, no caso *Ephestia kuehniella*, afeta o tempo de desenvolvimento de *H. axyridis* e *C. externa*, bem como medidas de tempo gasto no ataque às presas, sempre em contexto comparativo com *D. citri*. A comparação entre as respostas dos predadores em função das presas *E. kuehniella* e *D. citri* foi então realizada.

5.2 Material e Métodos

Foi comparada a viabilidade de *C. externa* e *H. axyridis* em diferentes combinações de predadores, simulando a existência de apenas *D. citri* ou *E. kuehniella* como fonte de alimento para *C. externa* e *H. axyridis*.

O delineamento experimental foi planejado por meio de blocos casualizados no esquema fatorial 5x2 com 2 fatores: combinação de predadores e espécie de presa. No total foram 10 tratamentos com 16 repetições cada, sendo 5 tratamentos utilizando-se ovos de *Ephestia kuehniella* e 5 tratamentos com ninfas de *D. citri*. Os tratamentos, para ambas as presas ofertadas foram: crisopídeo e joaninha isoladas em placas diferentes, crisopídeo e joaninha na mesma placa e para simular o canibalismo, dois crisopídeos e duas joaninhas em placas diferentes. Com relação à presa, foram oferecidas para *C. externa* e *H. axyridis*, ninfas de 4º e 5º instar de *D. citri* e apenas ovos de *Ephestia kuehniella*. Os testes foram conduzidos em ambiente controlado (temperatura de 25±2°C; umidade de 50±10% ; fotofase de 12h) e a duração das fases imaturas nos diferentes tratamentos, a frequência de canibalismo e a predação intraguildd experimentalmente avaliados. As avaliações foram realizadas diariamente, bem como a reposição de presas, à qual foi a mesma quantidade ofertada para cada placa de *Petri* em cada tratamento. Essa quantidade foi aumentada progressivamente ao longo do desenvolvimento dos predadores a fim de se garantir alimento suficiente para o desenvolvimento de ambos predadores presentes na mesma placa. A quantidade ofertada foi pré-estabelecida por meio de testes de consumo de presas em 24h, para cada uma das fases de desenvolvimento dos predadores.

5.2.1 Análise Estatística

Para a análise do número de presas consumidas ao longo do tempo, foram ajustados modelos lineares generalizados mistos do tipo Poisson incluindo interceptos, coeficientes angulares e coeficientes quadráticos diferentes por tratamento. Efeitos aleatórios foram também incluídos no intercepto e no coeficiente angular e em nível observacional para modelar a superdispersão no preditor linear. A seleção do modelo foi feita por meio de testes de razão de verossimilhanças (RV) para modelos encaixados. Com relação ao tempo de desenvolvimento, foram ajustados modelos de análise de variância incluindo os efeitos principais de presa e predadores, bem como a interação entre presa e predadores no preditor linear. As comparações múltiplas foram feitas por meio do teste de Tukey ($p=0,05$). Já para a proporção de predação intraguilddia ocorrida, foram ajustados modelos lineares generalizados do tipo binomial, incluindo os efeitos de presa, predador e interação entre presa e predador no preditor linear. Todas as análises foram realizadas no *Software* gratuito R (R: DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015).

5.3 Resultados

Número de presas consumidas ao longo do tempo

Os resultados mostraram haver significância no efeito quadrático de tempo ($RV=55,99$; $g.l.=5$; $p<0,01$), ou seja, o número de presas consumidas dentro do tratamento difere ao longo dos dias, sendo maior ao longo do desenvolvimento dos insetos (Figura 8). Para a interação entre tratamentos e efeito linear e quadrático do tempo foram testados dois modelos: modelo de retas concorrentes vs. modelo de retas paralelas ($RV=13,83$; $g.l.=8$; $p=0,09$).

O modelo selecionado, de retas paralelas com efeito quadrático de tempo, mostrou que os tratamentos JC (joaninha e crisopídeo), CC (dois crisopídeos) e JJ (duas joaninhas) não apresentam diferença estatisticamente significativa ($RV=2,49$; $g.l.=3$; $p=0,48$), mas diferem dos tratamentos J (uma joaninha) e C (um crisopídeo) ($RV=5,95$; $g.l.=1$; $p=0,01$), que por sua vez não exibem diferença estatisticamente significativa entre si ($RV=2,49$; $g.l.=3$; $p=0,48$) (Fig. 8). Claramente, nota-se na Figura 8 que o consumo médio de presas aumenta com o aumento do tempo, seguindo um padrão sigmoidal para todos os tratamentos. Porém, nos tratamentos com a presença de mais que uma espécie predadora, sejam inter ou intraespecíficos, o consumo de presas foi ligeiramente maior, resultado comprovado pelos pontos de saturação das curvas (Figura 8). Por razões metodológicas, essencialmente o método para estimativa do número de ovos consumidos, não foi possível produzir

graficamente para *E. kuehniella*, a mesma relação envolvendo *D. citri* que aparece na Figura 8.

Figura 8 – Número de *D. citri* consumidas ao longo do tempo de desenvolvimento de *H. axyridis* e *C. externa* nas diferentes combinações desses predadores (C: crisopídeo; J: Joaninha; JC: crisopídeo e joaninha; CC: dois crisopídeos; JJ: duas joaninhas)

Primeiro instar

O ajuste do modelo incluindo o efeito da interação entre presas e predadores não se mostrou significativo ($F_{7,94}=0,30$; $p=0,95$), ou seja, o padrão de resposta entre combinação de predador e presa é o mesmo.

A média da duração do primeiro instar não é influenciada pelo tipo de presa ofertada, seja ela *Ephestia kuehniella* ou *Diaphorina citri* ($F_{1, 94}=0,59$; $p=0,44$) (Tabela 18). No entanto, o efeito principal de predador mostrou diferença significativa ($F_{7, 94}=24,24$; $p<0,01$), ou seja, joaninhas apresentam o desenvolvimento do primeiro instar mais rápido que crisopídeo (Tabela 18).

Segundo instar

O efeito da interação entre predadores e presa não foi significativo ($F_{7, 86}=1,38$; $p=0,22$), ou seja, o padrão de resposta entre combinação de predador e presa é o mesmo.

Já o efeito principal de presa foi significativo, ou seja, houve diferença significativa no tempo de desenvolvimento dos predadores nas diferentes presas ofertadas ($F_{1, 86}=4,44$; $p=0,04$) (Tabela 18). Quanto ao efeito de predador, também houve diferença significativa, indicando diferença no tempo médio para atingir o segundo instar entre joaninhas e crisopídeos ($F_{7, 86}=22,26$; $p<0,01$), sendo joaninhas (entre 1-2 dias) mais ágeis que crisopídeos (entre 2-3 dias) (Tabela 17).

Terceiro instar

O efeito da interação entre predadores e presa não foi significativo ($F_{7, 79}=1,27$; $p=0,28$), ou seja, o padrão de resposta entre combinação de predador e presa é o mesmo.

O efeito principal de presa também não foi significativo, ($F_{1, 79}=1,99$; $p=0,16$), não havendo diferença no tempo de desenvolvimento quando ofertada *D. citri* ou *E. kuehniella* (Tabela 18). Contudo, o efeito principal de predador foi significativo ($F_{7, 79}=23,95$; $p<0,01$), ou seja, há diferença no tempo de desenvolvimento entre os predadores e as joaninhas mostraram-se mais rápidas que os crisopídeos (Tabela 17).

Quarto instar (apenas joaninha)

O Efeito da interação entre predador e presa também não foi significativo ($F_{3, 38}=1,92$; $p=0,14$), ou seja, o padrão de resposta entre combinação de predador e presa é o mesmo. O efeito principal de presa foi significativo ($F_{1, 38}=5,40$; $p=0,03$), sendo o desenvolvimento mais rápido quando predadores são alimentados com *D. citri* (Tabela 18). O efeito principal de predador não foi significativo ($F_{3, 38}=2,00$; $p=0,13$). Para o quarto instar são apresentados os valores médios de joaninhas pois crisopídeos apresentam apenas 3 instares (Tabela 17).

Período Pupal

O Efeito da interação entre predador presa não foi significativo ($F_{7, 72}=2,05$; $p=0,06$), ou seja, o padrão de resposta entre combinação de predador e presa também é o mesmo como visto nos casos anteriores. O efeito principal de presa foi significativo ($F_{1, 72}=20,07$; $p<0,01$), sendo mais rápido o estágio pupal de predadores alimentados com ovos de *E. kuehniella* (Tabela 18). O efeito principal de predador foi significativo ($F_{7, 72}=71,66$; $p<0,01$), sendo a joaninha mais rápida, levando em torno de 5 dias para emergir enquanto o crisopídeo levou em torno de 10 dias (Tabela 17).

Ciclo dos predadores (primeiro instar até adulto)

O efeito de interação entre predador e presa não foi significativo ($F_{7, 72}=0,59$; $p=0,76$), ou seja, o padrão de resposta entre combinação de predador e presa também é o mesmo como visto nos casos anteriores.

Houve significância na combinação de predador em função do tempo gasto até a emergência ($F_{7, 72}=30,20$; $p<0,01$).

Com relação à média do tempo de desenvolvimento dos predadores levando em conta o tipo de presa oferecida, houve diferença significativa ($F_{1, 72}=12,82$; $p<0,01$). O desenvolvimento dos predadores quando alimentados com *E. kuehniella* foi significativamente mais rápido do que com *D. citri*. No entanto, apesar da ligeira diferença, deve-se ressaltar o bom desempenho dos predadores também quando alimentados com *D. citri* (Tabela 18).

Tabela 17 - Período de desenvolvimento (dias) dos predadores *C. externa* e *H. axyridis* para cada combinação de predador (média $\pm$ erro padrão)*

Combinação de predador**	1º instar	2º instar	3º instar	4º instar	Pupa	1º instar-adulto
C	2,78 (0,11) bc	2,70 (0,10) a	3,95 (0,19) ab	-	10,25 (0,26) a	19,70 (0,43) a
CC-1	3,57 (0,20) a	2,71 (0,18) a	3,14 (0,14) b	-	10,43 (0,20) a	19,86 (0,40) a
CC-2	3,57 (0,20) a	2,86 (0,14) a	3,14 (0,26) b	-	10,57 (0,20) a	20,14 (0,46) a
JC-C	3,08 (0,15) ab	3,00 (0,22) a	4,29 (0,29) a	-	10,00 (0,00)**	20,33 (0,21) a
J	2,08 (0,05) d	1,43 (0,11) b	1,77 (0,13) c	4,44 (0,18) a	5,22 (0,24) b	14,83 (0,42) b
JJ-1	2,00 (0,00)***	1,86 (0,26) b	1,71 (0,18) c	3,86 (0,14) a	5,00 (0,22) b	14,43 (0,30) b
JJ-2	2,38 (0,18) cd	1,62 (0,18) b	2,12 (0,30) c	4,25 (0,25) a	5,00 (0,33) b	15,38 (0,32) b
JC-J	2,10 (0,07) d	1,60 (0,11) b	2,19 (0,19) c	3,92 (0,26) a	5,73 (0,46) b	15,13 (0,51) b

* Letras minúsculas seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

** C: crisopídeo isolado; CC dois crisopídeos; JC: um crisopídeo e uma joaninha; JJ: duas joaninhas. A média refere-se aos predadores alimentados com ambas presas *D. citri* e *E. kuehniella*.

*** O erro padrão foi igual a zero, pois, neste tratamento, todos os valores das repetições foram o mesmo, portanto não houve variância, em consequência não pode ser inserido na análise.

Tabela 18 - Média do tempo de duração (dias) do primeiro instar até a emergência dos predadores *H. axyridis* e *C. externa*, alimentados com *Diaphorina citri* e *Ephestia kuehniella* (média $\pm$ erro padrão)*

Presa oferecida	1º instar	2º instar	3º instar	4º instar	Pupa	1º instar-adulto
<i>Diaphorina citri</i>	2,52 (0,09) a	2,19 (0,11) a	2,84 (0,17) a	3,90 (0,15) b	8,10 (0,40) a	17,83 (0,45) a
<i>Ephestia kuehniella</i>	2,58 (0,10) a	1,98 (0,11) b	2,63 (0,17) a	4,40 (0,16) a	7,11 (0,41) b	16,63 (0,42) b

* Letras minúsculas seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

Proporção de predação intraguilda

O efeito da interação entre predador e presa não foi significativo (*deviance*=0,02; g.l.=1; *p*=0,89), ou seja, o padrão de resposta das combinações de predador e presa é o mesmo. O efeito principal de presa também não diferiu significativamente (*deviance*=1,11; g.l.=1; *p*=0,29) e o tipo de presa oferecida não influenciou no comportamento de predação intraguilda (Tabela 19). O efeito principal de predador foi significativo (*deviance*=14,96; g.l.=1; *p*<0,01), ou seja, dentro do tratamento JC (joaninha e crisopídeo), a maior parte dos crisopídeos (69,23%) foram predados pela joaninha, enquanto que apenas 16,67% das joaninhas foram predadas por crisopídeos (Tabela 20).

A maioria dos casos de predação intraguilda de joaninha sobre o crisopídeo ocorreu quando o crisopídeo ainda estava no primeiro ínstar, ou início do segundo. Já a joaninha, encontrava-se no segundo ou terceiro. Não houve canibalismo entre crisopídeos e foram registrados apenas 3 canibalismos entre joaninhas de segundo com primeiro ínstar quando alimentadas com *Ephestia kuehniella*. Um dos casos de canibalismo aconteceu durante a mudança de instar de uma das joaninhas.

Tabela 19 - Porcentagem de ocorrência de predação intraguilda em função das presas *D. citri* (DC) e *E. kuehniella* (EK)

Presa	Média (erro padrão) %
DC	50,00 (9,28) a
EK	35,00 (10,94) a

Tabela 20 - Porcentagem de ocorrência de predação intraguilda em função da combinação de predadores

Predador ⁽¹⁾	Média (erro padrão) %
JC-C	69,23 (9,23) a
JC-J	16,67 (7,77) b

⁽¹⁾ Tratamento JC: uma larva de joaninha juntamente com uma larva de crisopídeo. JC-C: considerando apenas a predação sobre a larva de crisopídeo dentro do tratamento e JC-J: apenas a predação sobre a larva de joaninha.

5.4 Discussão

Houve significância na variação do número de presas consumidas ao longo dos dias em todos os tratamentos. Ao longo do desenvolvimento dos predadores, a quantidade de

presas necessárias para o consumo aumentou em função da idade e apresentou seu pico máximo quando larvas de crisopídeo atingiram o terceiro instar e joaninhas, o quarto. Nesse estágio, a predação pode atingir até 350 ninfas de *D. citri* em 24 horas. Embora ninfas de *D. citri* apresentem o comportamento gregário, ainda assim, em condições de campo esse número dificilmente seria alcançado, já que o inseto despende tempo na procura por presas.

O padrão de desenvolvimento observado nas espécies predadoras no presente estudo condiz com o padrão natural em animais em geral e especialmente em invertebrados. O padrão é sigmoideal e tem sido intensamente investigado em diversos grupos taxonômicos, com ênfase especial para predadores (HASSELL et al., 1977) das ordens Hemiptera (*Plea automaria*, Pallas e *Notonecta glauca*, L.), Coleoptera (*Coccinella septempunctata*, L.) e Hymenoptera (*Aphidius uzbeckistanicus*, Luzhetzki), incluindo também estudos de resposta funcional. Apesar da semelhança do padrão aqui encontrado com a resposta funcional do tipo III (HASSELL et al., 1977; FLORES et al., 2013), a relação investigada no presente estudo tem como variável independente o tempo de desenvolvimento e não a densidade de presas, como é comum em estudos de resposta funcional.

A presença de um competidor não influenciou o desenvolvimento dos predadores em nenhum dos tratamentos. No entanto, entre os predadores, o ciclo difere. Comparado ao crisopídeo, o ciclo da joaninha é mais rápido devido à menor duração nos instares e, principalmente, do período pupal. Enquanto a joaninha realiza a muda a cada 1 - 2 dias e despende 5 dias no período pupal, o crisopídeo leva cerca de 3 a 4 dias e possui um período pupal de 10 dias. Interessante observar que o último ínstar de ambos predadores é um pouco mais longo que os demais instares independente da presa ofertada. O tempo médio de desenvolvimento de ambos predadores alimentados com *D. citri* foi de 17 dias até a emergência. Já quando alimentados com *E. kuehniella* o tempo médio foi de 16 dias. Apesar do desenvolvimento dos predadores sobre *D. citri* ter sido significativamente maior do que sobre a outra presa, os valores estão muito próximos, indicando que o padrão de utilização de recursos é praticamente o mesmo para os predadores, independente da presa. A teoria do forrageio ótimo pressupõe a maximização do uso de recursos para o predador no momento da escolha da presa adequada (CHARNOV, 1976). O resultado encontrado parece assim confirmar a natureza generalista de ambos os predadores, sem preferência clara por espécie de presas.

Com relação à predação do crisopídeo sobre a joaninha, somente ocorreu quando ambos estavam no primeiro instar. As ocorrências de predação intraguilda da joaninha sobre o crisopídeo foram registradas no segundo ou terceiro instar da joaninha, sobre o primeiro ou

início do segundo instar do crisopídeo. A predação intraguilha entre coccinelídeos e crisopídeos de primeiro instar não é muito comum, na maioria das vezes ocorre em função da diferença do tamanho da larva, conforme constatado neste estudo (SEGONÇA; FRINGS, 1985; CHANG, 1996; LUCAS et al., 1998; HINDAYANA et al., 2001; SATO et al., 2003; MICHAUD, 2003). A diferença no tamanho das larvas dos predadores está relacionada ao rápido desenvolvimento das larvas de joaninha o qual influencia o sentido da predação intraguilha, tornando a joaninha a predadora intraguilha em 70% das repetições. Em outras palavras, a sobrevivência do crisopídeo diminui na presença de larvas de joaninhas mais velhas (CLANCY; PRIDE, 1987; LUCAS et al., 1998).

Não houve canibalismo entre crisopídeos em nenhum estágio de vida, com nenhuma das presas e foram registrados apenas 3 canibalismos entre joaninhas de segundo com primeiro instar, quando alimentadas com *Ephestia kuehniella*. Muito provavelmente, uma das espécies de joaninhas realizou a ecdise mais rapidamente e predou a sua competidora. Efeitos significativos de canibalismo poderiam ser indicativos de fatores negativos para a utilização das espécies predadoras em programas de manejo integrado, uma vez que a liberação de altas densidades de inimigos naturais não atingiriam o objetivo no tocante ao controle da praga (REIGADA et al. 2013).

Diferentemente do observado em laboratório, em campo a predação intraguilha ou o canibalismo tendem a não ser similares devido à presença de áreas de refúgio, possibilidades de fuga, fatores que diminuem a chance de encontro entre os predadores (LUCAS; ALOMAR 2000, 2002a, 2002b). A importância do estudo da combinação de predadores está em compreender o comportamento de uma espécie à qual poderá ser tanto predadora intraguilha quanto presa intraguilha.

5.5 Conclusões

Ao longo do desenvolvimento *H. axyridis* e *C. externa* o consumo por presas é aumentado, favorecendo ainda mais o controle de pragas por esses predadores, para satisfazer suas necessidades nutricionais. No entanto, o ciclo mais rápido de *H. axyridis* favoreceu o sentido da predação intraguilha, aumentando assim, a chance de predarem o crisopídeo ao longo do desenvolvimento. Já o tipo de presa ofertada não influenciou no comportamento de predação intraguilha ou canibalismo dos predadores *C. externa* e *H. axyridis*. Para o desenvolvimento dos predadores, apesar de *E. kuehniella* influenciar o ciclo dos predadores, ainda assim *D. citri* mostrou-se excelente presa para o desenvolvimento de ambos, o que poderia garantir sua sobrevivência em campo.

Referências

- AEBI, A.; BROWN, P.M.J.; DE CLERCQ, P.; HAUTIER, L.; HOWE, A.; INGELS, B.; AVN H-P, SLOGGETT, J.J.; ZINDEL, R.; THOMAS, A. Detecting arthropod intraguild predation in the field. **BioControl, Dordrecht**, v. 56, p. 429-440, 2011.
- BASSANEZI, R.B.; MONTESINO, L.H.; BUSATO, L.A.; STUCHI, E.S. Damages caused by Huanglongbing on sweet orange yield and quality in São Paulo. In: HUANGLONGBING – GREENING INTERNATIONAL WORKSHOP, 2006, Araraquara. Proceedings... Araraquara, Fundecitrus, 2006. Resumo S17.
- CANARD, M. L'oophagie des larves du premier stade de chrysope (Neuroptera, Chrysopidae). **Experimentalis et Applicata**, College Park, v. 13, n. 1, p. 21–36, Mar. 1970.
- CANARD, M.; DUELLI, P. Predatory behavior of larvae and cannibalism. In: CANARD, M.; NEW, T.R. (Ed.). **Biology of Chrysopidae**. Amsterdam: Dr. W. Junk, 1984. p. 92-100.
- CARDOSO, G.F. Interação intraguilda entre *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) e *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) em roseiras. 2015. 49p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- CHANG, G.C. Comparison of single versus multiple species of generalist predators for biological control. **Environmental Entomology**, College Park, v. 25, p. 207-212, Feb. 1996.
- CHARNOV, E.L. Optimal foraging, the marginal value theorem. **Theoretical Population Biology**, Nova York, v. 9, p. 129-136, 1976.
- CLANCY, K.M.; PRICE, P.W. Rapid herbivore growth enhances enemy attack: sublethal plant defenses remain a paradox. **Ecology**, Durham, v. 68, p. 736–738, 1987.
- DOBIE, P.; HAINES, C. P.; HODGES, R. J.; PREVETT, P. F. **Insects and arachnids of tropical stored products, their biology and identification: a training manual**. UK: Tropical Development and Research Institute, 1984. 273p.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA-NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI-FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.
- HALBERT, S.E.; MANJUNATH, K.L. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 87, p. 330-353, 2004.
- HINDAYANA, D.; MEYHÖFER, R.; SCHOLZ, D.; POEHLING, H.M. Intraguild predation among the hoverfly *Episyrphus balteatus* de Geer (Diptera: Syrphidae) and other aphidophagous predators. **Biological Control**, Dordrecht, v. 20, p. 236–246, 2001.
- KATSANIS, A.; BABENDREIER, D.; NENTWIG, W.; KENIS, M. Intraguild predation between the invasive ladybird *Harmonia axyridis* and non-target European coccinellid species. **BioControl**, Dordrecht, v. 58, p. 73–83, Aug. 2013.

- KOCH, R.L. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: a review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. **Journal of Insect Science**, London, v. 3, n. 32, p. 16, Oct. 2003.
- LUCAS, É.; ALOMAR, O. Susceptibilité de *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) à la prédation intragilde. **IOBC/WPRS Bulletin**, Dordrecht, v. 23, p. 225–229, 2000.
- LUCAS, É.; ALOMAR, O. Impact of *Macrolophus caliginosus* presence on damage production by *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera: Miridae) on tomato fruits. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 95, p. 1123–1126, 2002a.
- LUCAS, É.; ALOMAR, O. Impact of the presence of *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae) on whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) predation by *Macrolophus caliginosus* (Wagner) (Heteroptera: Miridae). **Biological Control**, Dordrecht, v. 25, p. 123–128, 2002b.
- LUCAS, E.; CODERRE, D.; BRODEUR, J. Intraguild predation among aphid predators: characterization and influence of extraguild prey density. **Ecology**, Durham, v. 79, n. 3, p. 1084–1092, 1998.
- MAJERUS, M.; STRAWSON, V.; ROY, H. The potential impact of the arrival of the harlequin ladybird, *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae), in Britain. **Ecological Entomology**, London, v. 31, p. 207–215, 2006.
- MICHAUD, J.P. Invasion of the Florida citrus ecosystem by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and asymmetric competition with a native species, *Cycloneda sanguinea*. **Environmental Entomology**, College Park, v. 31, n. 5, p. 827–835, 2002.
- MICHAUD, J.P. A comparative study of larval cannibalism in three species of ladybird. **Ecological Entomology**, London, v. 28, p. 92–101, 2003.
- MICHAUD, J.P. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. **Biological Control**, Dordrecht, v. 29, p. 260–269, 2004.
- MICHAUD J.P.; GRANT, A.K. Intraguild predation among ladybeetles and a green lacewing: do the larval spines of *Curinus coeruleus* (Coleoptera: Coccinellidae) serve a defensive function? **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 93, n. 6, p. 499–505, 2003.
- MICHAUD, J.P.; OLSEN, L.E. Suitability of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, as prey for ladybeetles. **BioControl**, Dordrecht, v. 49, p. 417–431, 2004.
- MOCHIZUKI, A.; NAKA, H.; HAMASAKI, K.; MITSUNAGA, T. Larval cannibalism and intraguild predation between the introduced green lacewing, *Chrysoperla carnea*, and the indigenous trashcarrying green lacewing, *Mallada desjardinsi* (Neuroptera: Chrysopidae), as a case study of potential nontarget effect assessment. **Environmental Entomology**, College Park, v. 35, n. 5 p. 1298–1303, Jan. 2009.

NEDVĚD, O.; FOIS, X.; UNGEROVÁ, D.; KALUSHKOV, P. Alien vs. predator : the native lacewing *Chrysoperla carnea* is the superior intraguild predator in trials against the invasive ladybird *Harmonia axyridis*. **Bulletin of Insectology**, Bologna, v. 66, n. 1, p. 73-78, 2013.

NEW, T.R. The biology of Chrysopidae and Hemerobiidae (Neuroptera with reference to their usage as biocontrol agents: a review. **Transactions of Royal Entomological Society of London**, London, v. 127, p. 115-140, 1975.

ORLOVA-BIENKOWSKAJA, M.J. The outbreak of harlequin ladybird *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera, Coccinellidae) in the Caucasus and possible sources of invasion. **Russian Journal of Biological Invasions**, Morkow, v. 5, n. 4, p. 275-281, Oct. 2014.

OSAWA, N. Sibling and non sibling cannibalism by larvae of a lady beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in the field. **Researches on Population Ecology**, Tokyo, v. 31, p. 153-160, 1989.

PELL, J.K.; BAVERSTOCK, J.; ROY, H.E.; WARE, R.L.; MAJERUS, M.E.N. Intraguild predation involving *Harmonia axyridis*: a review of current knowledge and future perspectives. **BioControl**, Dordrecht, v. 53, p. 147-168, 2008.

PHOOFOLO, M.W.; OBRYCKI, J.J. Potential for intraguild predation and competition among predatory Coccinellidae and Chrysopidae. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 89, p. 47-55, 1998.

REED, D.J.; BEGON, M.; THOMPSON, D.J. Differential cannibalism and population dynamics in a host-parasitoid system. **Oecologia**, Berlin, v. 105, n. 2, p. 189-193, Jan. 1996.

REIGADA, C.; ARAÚJO, S.B.L.; AGUIAR, M.A.M.; GIÃO, J.Z.; GUIMARÃES, P.R.; TRINCA, L.A.; GODOY, W.A.C. Impacts of enemy-mediated effects and the additivity of interactions in an insect trophic system. **Population Ecology**, Tokyo, v. 55, p. 11-26, 2013.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

ROSENHEIM, J.A.; KAYA, H.K.; EHLER, L.E.; MAROIS, J.J.; JAFFEE, B.A. Intraguild predation among biological control agents: theory and evidence. **Biological Control**, Orlando, v. 5, p. 303-335, 1995.

SATO, S.; DIXON, A.F.G.; YASUDA, H. Effect of emigration on cannibalism and intraguild predation in aphidophagous ladybirds. **Ecological Entomology**, London, v. 28, p. 628-633, 2003.

SENGONCA, C.; FRINGS, F.B. Interference and competitive behaviour of the aphid predators, *Chrysoperla carnea* and *Coccinella septempunctata* in the laboratory. **Entomophaga**, Paris, v. 30, p. 245-251, 1985.

SHCHEKINOVA, E.Y.; LÖDER, M.G.J.; WILTSHIRE, K.H.; BOERSMA, M. Stable coexistence in a Lotka-Volterra model with heterogeneous resources and intraguild predation. **Physical Review**, Helgoland, v.88, n. 6, p. 1-6, Dec. 2013.

SNYDER, W.E.; JOSEPH, S.B.; PREZIOSI, R.F.; MOORE, A.J. Nutritional benefits of cannibalism for the lady beetle *Harmonia axyridis* when prey quality is poor. **Environmental Entomology**, College Park, v. 29, p. 1173-1779, 2000.

SZENTKIRÁLYI, F. Lacewings in fruit and nut crop. In: McEWEN, P.; NEW, T.R.; WHITTINGTON, A.E. (Ed.). **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 172-238.

WARE, R.L.; MAJEUS, M.E.N. Intraguild Predation of immature stage of British and Japanese coccinelids by the invasive ladybird *Harmonia axyridis*. **BioControl**, Dordrecht, v. 53, p. 169-188, 2008.

YASUDA, H.; OHNUMA, N. Effect of cannibalism and predation on the larval performance of two ladybird beetles. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 93, p. 63-67, 1999.