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

Aspectos biológicos e exigências térmicas em quatro espécies de Chrysopidae
(Neuroptera)

Camila Beatriz Gächter Skanata

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2018

Camila Beatriz Gächter Skanata
Engenheira Agrônoma

**Aspectos biológicos e exigências térmicas em quatro espécies de Chrysopidae
(Neuroptera)**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

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

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2018

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

Gächter Skanata, Camila Beatriz

Aspectos biológicos e exigências térmicas em quatro espécies de Chrysopidae (Neuroptera) / Camila Beatriz Gächter Skanata. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2018.

87 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Crisopídeos 2. Controle biológico 3. Temperatura 4. Zoneamento climático I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha querida família e seres queridos.

A minha mãe Karina e meu pai Roland pelo amor e carinho, por terem me apoiado sempre nas minhas decisões, pela força oferecida e por acreditarem em mim; que Deus os abençoe sempre.

A minha querida irmã e parceira Priscila pela compreensão, carinho e apoio constante nos meus estudos.

A meu irmão Felipe pelo apoio.

Aos meus admiráveis tios Cristina e Roque, principalmente pelo carinho e incentivo.

Aos meus queridos avós Margarita e Guillermo, Heli e Bruno pelo apoio e carinho.

A meu namorado Marcelo pelo apoio constante na distância, pela força, paciência e companheirismo.

As minhas queridas professoras Mónica e Stella por me inspirar e motivar-me a estudar o mundo dos insetos.

Nesta dedicatória, deixo mis mais sinceros agradecimentos a todos por estarem sempre comigo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter iluminado meu espírito e dado as forças necessárias durante esta caminhada.

Agradeço de forma muito especial ao Prof. Dr. Pedro Takao Yamamoto a quem tenho uma grande admiração como pessoa e profissional, obrigada pela orientação do meu trabalho, pelos conhecimentos e ensinamentos oferecidos e principalmente pela oportunidade outorgada para realização do mestrado.

Ao Programa Nacional de Becas de Postgrado en el Exterior “Don Carlos Antonio López” (BECAL) pela concessão da bolsa de estudos.

À Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) e ao Programa de Pós-graduação em Entomologia e Acarologia pela oportunidade de realizar meus estudo de mestrado.

Ao Prof. Dr. José Roberto Postali Parra a quem também tenho profunda admiração por sua ampla trajetória no mundo das ciências agrárias, além de ser uma excelente pessoa. Também, pelos ensinamentos, por ter me guiado e ajudado na realização do trabalho, além de ter conferido um espaço no laboratório para realizar os experimentos.

Ao Prof. Dr. Wesley Augusto Conde Godoy por ser uma excelente pessoa, pela atenção, predisposição e ensinamentos relacionados ao trabalho. Também, por ter emprestado o laboratório para realizar parte dos meus experimentos.

À Profa. Dra. Taciana Villela Savian, Dr. Rafael Moral, Dr. Odimar Zanuzo Zanardi pela orientação e ajuda nas análises estatísticas.

Ao Dr. Adriano Gomes Garcia pela ajuda na realização dos mapas de zoneamento climático.

Aos professores do Departamento de Entomologia e Acarologia meus agradecimentos por todos os ensinamentos que com certeza contribuíram na minha vida profissional.

A meus colegas do laboratório de Manejo Integrado de Pragas pelas ajudas concedidas e pela amizade nesses dois anos.

Aos meus queridos amigos Gabriel e Johanna principalmente por me auxiliar na realização do trabalho, pela paciência e amizade. Obrigada por tudo de coração.

A meus colegas Murilo, Lucas, Marisol, Monique, Cynthia, Elias aos estagiários Marília, Stella, Eduardo, Rodrigo, Jessica pela sua predisposição em ajudar sempre.

A meus amigos Diandra e Rafael pela linda amizade e momentos compartilhados.

A todos meus colegas do Programa de Pós-graduação pelos momentos vivenciados, companheirismo e amizade.

EPÍGRAFE

“Whether you think you can or whether you think you can’t, you’re right”

Henry Ford

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	11
REFERÊNCIAS	13
2. REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ORDEM NEUROPTERA	17
2.2. ASPECTOS BIOLÓGICOS DOS CRISOPÍDEOS.....	18
2.3. POTENCIAL DE ALIMENTAÇÃO DOS CRISOPÍDEOS	20
2.4. OCORRÊNCIA NOS AGROECOSSISTEMAS	21
2.5. EXIGÊNCIAS TÉRMICAS E ZONEAMENTO CLIMÁTICO.	22
2.6. CRISOPÍDEOS E O CONTROLE BIOLÓGICO.....	24
REFERÊNCIAS	25
3. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE <i>Ceraeochrysa cincta</i>, <i>Ceraeochrysa cubana</i>, <i>Ceraeochrysa paraguaria</i> E <i>Chrysoperla externa</i> (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) E TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE EM TEMPERATURAS CONSTANTES	33
RESUMO.....	33
ABSTRACT	33
3.1. INTRODUÇÃO	34
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.2.1. Criação de manutenção dos crisopídeos.....	36
3.2.2. Desenvolvimento de quatro espécies de crisopídeos em diferentes temperaturas .	37
3.2.3. Análise estatística	38
3.2.3.1. Estimativa dos parâmetros demográficos	38
3.3. RESULTADOS	39
3.3.1. Desenvolvimento de quatro espécies de crisopídeos em sete temperaturas constantes	39
3.3.2. Tabela de vida.....	50
3.4. DISCUSSÃO	51
3.5. CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS	57

4. EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria* E *Chrysoperla externa* (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) E SEU ZONEAMENTO CLIMÁTICO PARA O ESTADO DE SÃO PAULO-BRASIL.. 65

RESUMO 65

ABSTRACT..... 65

4.1. INTRODUÇÃO..... 66

4.2. MATERIAL E MÉTODOS 68

4.2.1. Determinação das exigências térmicas das quatro espécies de crisopídeos..... 68

4.2.2. Número de gerações das quatro espécies de crisopídeos..... 69

4.3. RESULTADOS..... 70

4.3.1. Determinação das exigências térmicas de quatro espécies de crisopídeos e seu zoneamento climático 70

4.4. DISCUSSÃO..... 76

4.5. CONCLUSÕES..... 81

REFERÊNCIAS 81

RESUMO

**Aspectos biológicos e exigências térmicas em quatro espécies de Chrysopidae
(Neuroptera)**

A família Chrysopidae é a mais diversa dentro da ordem Neuroptera e os crisopídeos são considerados promissores agentes de controle biológico, pois, alimentam-se de uma ampla variedade de pequenos insetos-pragas. O objetivo do presente trabalho foi comparar os aspectos biológicos e reprodutivos, determinar as exigências térmicas e estabelecer o zoneamento climático de quatro espécies de crisopídeos, *Chysoperla externa* (Hagen), *Ceraeochrysa cubana* (Hagen), *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) e *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás) para o estado de São Paulo. Os resultados demonstraram que, as quatro espécies de crisopídeos conseguiram completar seu período ovo-adulto na faixa térmica de 18 a 32 °C, sendo as melhores viabilidades obtidas entre 20 e 28 °C. Foi observado que a espécie *Ch. externa* teve um desenvolvimento mais rápido do que as demais espécies em cada estágio de desenvolvimento e período ovo-adulto. Na tabela de vida de fertilidade, o crescimento populacional foi favorecido na faixa térmica de 22 a 28 °C para *Ce. cincta*, de 22 a 25 °C para *Ce. paraguaria*, de 25 a 28 °C para *Ch. externa* e para *Ce. cubana* na temperatura de 28 °C. As exigências térmicas das espécies indicaram que a temperatura base (T_b) foi de 10,5; 12,95; 11,99; 11,77 °C e a constante térmica de 443,81; 362,7; 399,68 e 314,95 GD para as espécies *Ce. cincta*, *Ce. cubana*, *Ce. paraguaria* e *Ch. externa*, respectivamente. Mediante as exigências térmicas e o uso de ferramentas computacionais como o Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi possível representar de forma espacial o desenvolvimento das quatro espécies de crisopídeos. Devido ao período mais curto de vida, *Ch. externa* conseguiu completar 14 gerações/ano e as demais espécies de 10 a 11 gerações/ano nas regiões mais quentes do estado de São Paulo. Nas regiões mais frias, o número de gerações anuais estimado para cada espécie foi menor. Além disso, foi observado que entre as espécies estudadas, *Ch. externa* pode ser indicada para regiões com temperaturas amenas a quentes, *Ce. cincta* para climas amenos a frios, *Ce. paraguaria* para regiões com temperaturas amenas e *Ce. cubana* para regiões com temperaturas quentes. Os dados obtidos neste estudo poderão ser utilizados em criação massal das espécies, auxiliar na previsão de ocorrência dos predadores no campo e escolher quais das espécies se adaptam melhor a determinados climas no ambiente visando o uso destes predadores em programas de Manejo Integrado de Pragas.

Palavras-chave: Crisopídeos; Temperatura; Exigências térmicas; Desenvolvimento

ABSTRACT

Biological aspects and thermal requirements in four species of Chrysopidae (Neuroptera

The Chrysopidae family is the most diverse in the order Neuroptera and lacewings are considered promising biological control agents, because they feed on a wide variety of small insect pests. The objective of this work was to compare the biological and reproductive aspects, to determine the thermal requirements and to establish the climatic zoning of four species of lacewings, *Chysoperla externa* (Hagen), *Ceraeochrysa cubana* (Hagen), *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) and *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás) for the state of São Paulo. The results showed that the four species of lacewings were able to complete their egg-adult cycle in the thermal range of 18 to 32 °C and the best viability obtained between 22 and 28 °C. It was observed that the *Ch. externa* species had a faster development than the other species at each stage of development and the egg-adult cycle. In the fertility life table, the population growth was favored in the thermal range of 22 and 28 °C for *Ce. cincta*, from 22 to 25 °C for *Ce. paraguaria*, from 25 to 28 °C for *Ch. externa* and for *Ce. cubana* temperature at 28 °C. The thermal requirements of the species indicated that the base temperature (Tt) were 10.5, 12.95, 11.99, and 11.77 °C and the thermal constant were 443.81, 362.7, 399.68, and 314.95 DD for *Ce. cincta*, *Ce. cubana*, *Ce. paraguaria* and *Ch. externa*, respectively. Through the thermal requirements and the use of computational tools such as the Geographic Information System (GIS), it was possible to represent spatially the development of the four species of lacewings. It was observed that the estimated number of monthly generations was influenced by temperature, and in the warmer months the life cycle was faster than in the colder months. Due to the shorter life span of *Ch. externa*, this species managed to complete 14 generations/year, with the remaining 10 to 11 generations/year in the warmer regions of the state of São Paulo. In colder regions, the number of estimated annual generations for each species was lower. In addition, it was observed that among the species studied, *Ch. externa* can be indicated for regions with mild to warm temperatures, *Ce. cincta* for mild climates to cold, *Ce. paraguaria* for regions with mild temperatures and *Ce. cubana* regions to warm temperatures. The data obtained in this study could be used for mass rearing the species, to help predict the occurrence of predators in the field and to choose which of the species are best adapted to certain climates in the environment aiming the use of these predators in Integrated Pest Management programs.

Keywords: Lacewings; Temperature; Thermal requirements; Development

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem uma diversificada produção agrícola, caracterizada pelas extensas terras férteis e condições climáticas variadas. No entanto, a produção agrícola pode ser afetada negativamente por diversas pragas, causando grandes perdas econômicas ao agricultor em curto período de tempo (Zanardi *et al.*, 2015; Graça *et al.*, 2016; Bolzan *et al.*, 2017).

Uma das táticas de controle das pragas mais utilizada na agricultura brasileira é ainda o uso de produtos químicos. Em virtude do uso indiscriminado e efeitos negativos desse produto no meio ambiente, foi desenvolvido um novo conceito de controle de pragas, chamado de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Kogan, 1998). Esta abordagem, consiste em integrar várias táticas de controle (controle cultural, biológico, químico, comportamental, uso de plantas resistentes contra insetos) e manejo das pragas (insetos, patógenos, plantas-daninhas, nematoides, vertebrados) com o fim de manter as populações abaixo do nível de dano econômico, levando em consideração critérios econômicos, sociais e ecológicos (Leppla e Williams, 1992).

Dentre as diferentes táticas de controle do MIP, destaca-se o controle biológico que consiste na utilização de inimigos naturais que atuam na mortalidade de pragas (Yamamoto e Bassanezi, 2003). Os inimigos naturais de insetos-pragas podem ser entomopatógenos (microrganismos), parasitoides e predadores. Esse último grupo de inimigo natural, se destaca por ser de vida livre e por requerer mais de um indivíduo para completar seu ciclo biológico, geralmente, necessitam de grandes números de presas para seu desenvolvimento (Oliveira *et al.*, 2010; Ganjisaffar e Perring, 2015).

Entre os predadores de insetos-pragas e ácaros fitófagos, encontram-se os pertencentes à família Chrysopidae (Neuroptera). Os crisopídeos são predadores na fase jovem e apresentam hábito generalista em sua dieta. Dentre as presas, podem se alimentar de pulgões, cochonilhas, cigarrinhas, moscas-brancas, psilídeos, tripes, ovos e larvas de lepidópteros (Freitas *et al.*, 2009). No entanto, os adultos nem sempre são predadores, podem se alimentar de pólen, honeydew e néctar (Pappas *et al.*, 2011).

Os gêneros de crisopídeos mais importantes para uso em programas de controle biológico são *Chrysoperla* e *Ceraeochrysa*. O gênero *Chrysoperla* destaca-se pela ampla distribuição geográfica no mundo, biologia e pela ecologia (Albuquerque *et al.*, 1994). Enquanto que, espécimes do gênero *Ceraeochrysa* são mais restritos ao continente americano, onde são encontradas desde Argentina até o Canadá (Pappas *et al.*, 2011).

A temperatura é um dos principais fatores abióticos que pode influenciar na distribuição desses crisopídeos (Trudgill *et al.*, 2005). Segundo Bezerra *et al.* (2012) e Pappas *et al.* (2013), o tempo de desenvolvimento dos crisopídeos é inversamente proporcional ao aumento da temperatura.

O efeito da temperatura sobre os crisopídeos também pode ser observado nas populações de campo. No Brasil, no sul do estado de Paraná em plantações de *Pinus taeda* (L.), picos populacionais de crisopídeos ocorreram nos meses mais quentes (dezembro a março) (Cardoso *et al.*, 2003). Por outro lado, no estado de Minas Gerais em citros, espécies como *Chrysoperla externa* (Hagen) apresentaram picos populacionais nos períodos com temperaturas mais frias (maio a setembro) (Souza e Carvalho, 2002).

A relação entre temperatura e desenvolvimento de crisopídeos ainda tem que ser melhor estudada, pois, as espécies de crisopídeos podem apresentar comportamentos distintos. Fatores como origem geográfica, preferência de habitats e presas podem influenciar o desenvolvimento dos insetos (Tauber *et al.*, 2000).

Na atualidade, a preocupação com o meio ambiente e por uma produção agrícola sustentável é cada vez maior e uma das táticas para reduzir o uso de inseticidas no campo é a utilização de inimigos naturais (van Lenteren *et al.*, 2017).

Os estudos sobre uso de crisopídeos como agentes de controle biológico são cada vez mais numerosos, sendo a criação massal uma atividade tecnológica de interesse dos pesquisadores para posterior liberação no campo. Contudo, ainda é necessário fazer mais estudos envolvendo biologia e ecologia de crisopídeos para assim obter uma ferramenta economicamente viável (Pappas *et al.*, 2011).

No Brasil, várias espécies de crisopídeos como *Ch. externa*, *Ceraeocrhysa cubana* (Hagen), *Ceraeocrhysa cincta* (Schneider) e *Ceraeocrhysa paraguayana* (Navás) são de ocorrência natural nos agroecossistemas (Resende *et al.*, 2014; Moura *et al.*, 2015), mas, são poucos os estudos realizados envolvendo seus aspectos biológicos em diferentes temperaturas, além de suas exigências térmicas. No entanto, essas espécies vêm sendo indicadas como promissoras para os programas de controle biológico na agricultura. Dessa forma, surgem as seguintes questões, será que há diferenças no desenvolvimento dessas quatro espécies em diferentes temperaturas? Qual a temperatura mais adequada para o desenvolvimento e reprodução desses crisopídeos? Dentre essas espécies, quais podem ser mais adequadas em regiões com temperaturas mais frias ou mais quentes para o estado de São Paulo, Brasil?

Dado o fato de que são poucas as informações sobre o efeito da temperatura sobre os crisopídeos, o objetivo com essa pesquisa foi estudar e comparar os aspectos biológicos,

reprodutivos e a tabela de vida das quatro espécies, *Ch. externa*, *Ce. cubana*, *Ce. cincta* e *Ce. paraguayaria*. Além disso, determinar suas exigências térmicas e representar de forma espacial o zoneamento climático das espécies baseado no número estimado de gerações mensais e anuais para o estado de São Paulo.

Referências

- ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): Life History and Potential for Biological Control in Central and South America. **Biological Control**, v. 4, n. 1, p. 8-13, 1994. ISSN 1049-9644. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964484710024> >.
- BEZERRA, C. E. S. et al. Biology and thermal requirements of *Chrysoperla genanigra* (Neuroptera: Chrysopidae) reared on *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs. **Biological Control**, v. 60, n. 2, p. 113-118, 2012. ISSN 1049-9644. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964411003227> >.
- BOLZAN, A. et al. Development of *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) under constant temperatures and field validation of a laboratory model for temperature requirements. **Crop Protection**, v. 100, p. 38-44, 2017. ISSN 0261-2194.
- CARDOSO, J. T. et al. Ocorrência e flutuação populacional de Chrysopidae (Neuroptera) em áreas de plantio de *Pinus taeda* (L.) (Pinaceae) no Sul do Paraná. **Revista Brasileira de Entomologia**, p. 473-475, 2003. ISSN 0085-5626.
- da GRAÇA, J. V. et al. Huanglongbing: An overview of a complex pathosystem ravaging the world's citrus. **Journal of integrative plant biology**, v. 58, n. 4, p. 373-387, 2016. ISSN 1744-7909.
- FREITAS, S.de.; PENNY, N. D.; ADAMS, P. A. A revision of the New World genus *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae). Revisión del género *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) del Nuevo Mundo. **Proceedings of the California Academy of Sciences**, v. 60, n. 15/20, p. 503-610, 2009.
- GANJISAFFAR, F.; PERRING, T. M. Prey stage preference and functional response of the predatory mite *Galendromus flumenis* to *Oligonychus pratensis*. **Biological Control**, v. 82, p. 40-45, 2015. ISSN 1049-9644. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964414002448> >.

- KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual review of entomology**, v. 43, n. 1, p. 243-270, 1998. ISSN 0066-4170.
- LEPPLA, N. C.; WILLIAMS, D. W. Mass rearing beneficial insects and the renaissance of biological control. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1992.
- MOURA, A. P. D. et al. Species of Chrysopidae (Neuroptera) associated to trellised tomato crops in two cities of Rio de Janeiro State, Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 82, p. 0-0, 2015. ISSN 1808-1657.
- OLIVEIRA, S. A. et al. Effect of temperature on the interaction between *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Sipha flava* (Hemiptera: Aphididae). **European Journal of Entomology**, v. 107, n. 2, p. 183, 2010. ISSN 1210-5759.
- PAPPAS, M. L., G.D.; AND, B.; KOVEOS, D. S. Chrysopid Predators and their Role in Biological Control. **Journal of Entomology**, v. 8, n. 3, p. 301-326, 2011.
- PAPPAS, M. L. et al. Developmental temperature responses of *Chrysoperla agilis* (Neuroptera: Chrysopidae), a member of the European carnea cryptic species group. **Biological Control**, v. 64, n. 3, p. 291-298, 2013. ISSN 1049-9644. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964412002654> >.
- PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 420-429, 2014. ISSN 0103-9016.
- RESENDE, A. L. S. et al. Influência de diferentes cultivos e fatores climáticos na ocorrência de crisopídeos em sistema agroecológico. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 3, p. 257-263, 2014. ISSN 1808-1657.
- SENIOR, L. J. et al. The use of lacewings in biological control. **Lacewings in the crop environment**, p. 296-302, 2001.
- SOUZA, B.; CARVALHO, C. F. Population dynamics and seasonal occurrence of adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in a citrus orchard in Southern Brazil. **Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, v. 48, n. 2, p. 301-310, 2002.
- TAUBER, M. J. et al. Commercialization of predators: recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: *Chrysoperla*). **American Entomologist**, v. 46, n. 1, p. 26-38, 2000. ISSN 2155-9902.

- TRUDGILL, D. L. et al. Thermal time – concepts and utility. **Annals of Applied Biology**, v. 146, n. 1, p. 1-14, 2005. ISSN 1744-7348. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.04088.x> >.
- van LENTEREN, J. C. et al. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, p. 1-21, 2017. ISSN 1386-6141.
- YAMAMOTO, P. T.; BASSANEZI, R. B. Seletividade de produtos fitossanitários aos inimigos naturais de pragas dos citros. **Laranja**, v. 24, n. 2, p. 353-382, 2003.
- ZANARDI, O. Z. et al. Development and reproduction of *Panonychus citri* (Prostigmata: Tetranychidae) on different species and varieties of citrus plants. **Experimental and Applied Acarology**, v. 67, n. 4, p. 565-581, 2015. ISSN 0168-8162.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Caracterização da Ordem Neuroptera

Os neurópteros pertencem a dois grupos filogenéticos que são as subordens Hemerobiiformia e Mirmeleontiformia. Dentre os Hemerobiiformia se encontram os pertencentes à família Chrysopidae, com mais de 1.200 espécies e muitas delas com grande potencial para uso em programas de controle biológico (Brooks e Barnard, 1990; Freitas, 2001).

Os adultos de crisopídeos são de tamanho mediano variando de 1,2 a 3,0 cm, seu corpo é de coloração frequentemente verde com quatro asas hialinas reticuladas por nervuras verdes ou escuras, apresentam olhos compostos e sem ocelos, antenas longas e filiformes, seu aparelho bucal é do tipo mastigador e o abdômem cilíndrico com pernas estreitas e curtas (Freitas, 2001; Tauber *et al.*, 2009).

As fêmeas colocam ovos esféricos com comprimento que varia entre 0,7 e 2,3 mm, são colocados na extremidade de um pedúnculo cujo tamanho vai de 2 a 26 mm, a coloração varia de amarelo a verde azulada quando ovipositado, mas torna-se escuro quando o embrião se desenvolve (Freitas, 2001). De acordo com a espécie, o pedúnculo pode ser colocado individualmente, em grupos ou até algumas espécies colocam ovos sem essa estrutura (López-Arroyo *et al.*, 1999a; Tauber *et al.*, 2006). Também, esses pedúnculos podem estar ou não embebidos de gotículas de uma substância oleosa que protege os ovos ou larvas recém eclosionadas dos inimigos naturais (Eisner *et al.*, 1996; Tauber *et al.*, 2009).

A larva é de tipo campodeiforme, apresenta tubérculos com cerdas que variam em tamanho, número e distribuição em função da espécie (Tauber *et al.*, 2014). O aparelho bucal é constituído por mandíbulas e maxilas desenvolvidas com estrutura especializada que permite sugar o alimento (Tauber *et al.*, 2009).

De acordo com o hábito larval, os crisopídeos podem carregar restos das presas ou detritos sobre o dorso conhecidas popularmente por “bicho-lixeiro” como por exemplo: o gênero *Ceraeochrysa*, *Dichochrysa*, *Chrysopodes* e outros. (López-Arroyo *et al.*, 1999a; Silva *et al.*, 2007; Pappas e Koveos, 2011). Também, as larvas de algumas espécies de crisopídeos podem não ter essa característica de carregar lixo no dorso como por exemplo o gênero *Chrysoperla* (Albuquerque *et al.*, 1994). A pupa é de tipo exarada de coloração verde e pode ser encontrada nas folhas das plantas (Núñez, 1988; Pappas *et al.*, 2011).

2.2. Aspectos biológicos dos crisopídeos

O desenvolvimento embrionário está diretamente ligado à variação da temperatura. Ovos de *Chrysoperla nipponensis* (Okamoto) levam de 13,6 a 4,1 dias para eclodir em ambientes com temperaturas de 15 e 30 °C, respectivamente (Nakahira *et al.*, 2005). Para *Ch. externa* nas temperaturas de 15,6 e 18,3 °C o período embrionário é em torno de 14 e 9,2 dias, respectivamente (Albuquerque *et al.*, 1994). Para *Ce. paraguaria* o período embrionário é de 17,2 dias em 15 °C e de 4 dias em 25 °C (Pessoa *et al.*, 2004).

As larvas apresentam três instares e a velocidade do desenvolvimento encontra-se diretamente correlacionada com a temperatura, o tipo e qualidade do alimento, além da espécie (Pappas *et al.*, 2011). Para *Chrysoperla genanigra* (Freitas) alimentada com ovos de *Sitotroga cerealella* (Olivier) o período larval na temperatura de 25 °C varia de 9,2 e 9,4 dias para machos e fêmeas, respectivamente (Bezerra *et al.*, 2012). Para *Ch. externa* alimentada com ninfas de *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) o período larval é de 12,72 dias a 24 °C e de 8,26 dias a 32 °C (Auad *et al.*, 2014).

A duração da fase larval de *Ce. cubana* é de 12,04; 13,16 e 14,80 dias quando alimentado com ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller), pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) infectado por o vírus do enrolamento da folha da batata e o mesmo pulgão não infectado, em condições controladas de 25 °C, respectivamente (Oliveira *et al.*, 2016).

Depois do terceiro ínstar larval os crisopídeos formam um casulo e se mantêm dentro até a emergência do adulto. Para *Ch. externa* alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani) a duração do período de pupa é em torno de 25 a 6 dias para as temperaturas de 15 e 30 °C, respectivamente (Fonseca *et al.*, 2001). Para *Ce. cincta* alimentada com ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller), o período pupal é de 14,10 dias com viabilidade de 95,27% (Bortoli *et al.*, 2009).

Cabe destacar que também o hábito larval das espécies de crisopídeos influencia a duração das fases de desenvolvimento. Assim estudos feitos por Haruyama *et al.* (2012) demonstraram que para cada estágio de desenvolvimento das espécies que carregam restos de presas no dorso, tiveram uma duração mais longa do que as espécies que não apresentam esse hábito. López-Arroyo *et al.* (1999a) no seu trabalho discutem as mesmas observações ao estudar aspectos biológicos comparativos de três espécies de *Ceraeochrysa*.

Em relação ao período ovo-adulto, observou-se que *Ch. externa* tem um desenvolvimento total de 26,1 dias na temperatura de 23,9 °C (Albuquerque *et al.*, 1994). No

entanto, espécies de *Ceraeochrysa* completaram seu período biológico em aproximadamente 4 semanas a 24 °C (López-Arroyo *et al.*, 1999a).

Segundo Bezerra *et al.* (2012), a duração de ovo-adulto para *Ch. genanigra* é de 67 dias a 17 °C e de 15 dias a 35 °C, sendo a maior viabilidade de 76,7% na temperatura de 25 °C.

Os adultos de crisopídeos, após a emergência, passam por um período de maturação das gônadas sexuais e um tempo de busca entre machos e fêmeas para acasalamento, neste período as fêmeas não procuram alimento. Já no período de pré-oviposição, tempo necessário para depósito dos primeiros ovos, a fêmea dirige-se em direção ao alimento (Canard e Volkovich, 2001; Duelli, 2001).

A oviposição ocorre à noite e a fecundidade é influenciada por vários fatores da natureza, sendo o acasalamento e a nutrição os principais (Canard e Volkovich, 2001). Assim, Pappas *et al.* (2007) observaram que entre os diferentes tipos de presas (seis espécies de pulgões, ninfas e adultos de dois espécies de ácaros e duas espécies de insetos de grãos armazenados) oferecidos às larvas de *Dichochrysa prasina* (Burmeister), o pulgão *M. persicae* garantiu um rápido desenvolvimento e alta sobrevivência da fase imatura, consequentemente, um aumento de fecundidade e longevidade.

Núñez (1988) observou que quando *Ch. externa* era alimentada com uma dieta semiartificial baseada em duas partes de mel, uma de água e uma de pólen, mais uma proteína hidrolisada, a capacidade de oviposição foi incrementada em 17,5%, obtendo 523 ovos/fêmea, porém, para *Ce. cincta* a oviposição foi reduzida utilizando essa dieta, obtendo-se uma fecundidade de 482 ovos/fêmea. No entanto, para *Ch. genanigra* a produção de ovos foi mais alta de 992,7 ovos/fêmea, quando alimentada com ovos de *S. cerealella* (Bezerra *et al.*, 2012).

A espécie *Ce. cincta* apresentou uma alta taxa de oviposição, colocando aproximadamente 17,5 ovos por dia num período de oviposição de 21,3 dias, aproximadamente. No entanto, para *Ce. cubana* a taxa de oviposição foi mais baixa, de 6 ovos por dia, porém, com um período de oviposição de 52,3 dias (López-Arroyo *et al.*, 1999a). Por outro lado, estudos feitos por López-Arroyo *et al.* (1999b) determinaram que fêmeas de crisopídeos requerem acasalamentos frequentes para colocar ovos viáveis.

Em relação à longevidade dos adultos, os crisopídeos são de vida longa. Esse parâmetro está influenciado pela temperatura, umidade relativa e condições tróficas (Canard e Volkovich, 2001). Segundo estudos feitos por Núñez (1988), a longevidade de *Ch. externa* para temperaturas de 25,3 °C são de 31 e 49 dias para machos e fêmeas, respectivamente. Na mesma temperatura, para a espécie *Ce. cincta* a longevidade foi de 36 e 62 dias para machos e

fêmeas, respectivamente. Segundo Pappas *et al.* (2013), a longevidade de fêmeas de *Chrysoperla agilis* Henry *et al.* é significativamente afetada pela temperatura decrescendo gradualmente de 100,7 dias a 15 °C e 23,8 dias a 34 °C.

Com os parâmetros biológicos (duração e viabilidade dos estágios imaturos, razão sexual, período de pré-oviposição, fecundidade e fertilidade das fêmeas e longevidades de machos e fêmeas) pode se construir a tabela de vida de fertilidade, que pode ser estudada em diferentes temperaturas permitindo compreender a dinâmica populacional do inseto, além disso, permite determinar a tolerância térmica das espécies conhecendo sua adaptação climática (Gómez-Torres *et al.*, 2012). Vários estudos de tabela de vida com crisopídeos podem ser encontrados na literatura (López-Arroyo *et al.*, 1999a; Pappas e Koveos, 2011; Pappas *et al.*, 2013; Vasanthakumar e Babu, 2013; Yu *et al.*, 2013).

2.3. Potencial de alimentação dos crisopídeos

Os crisopídeos são insetos que apresentam um desenvolvimento holometábolo, pelo qual o adulto morfologicamente é diferente da forma larval (Freitas, 2001). As larvas são predadoras e alimentam-se de vários insetos-pragas como pulgões, cochonilhas, cigarrinhas, moscas-brancas, psílídeos, tripses, ovos e larvas de lepidópteros, ácaros e outros insetos de importância econômica (Adams e Penny, 1985). Os adultos nem sempre são predadores, pois alimentam-se de pólen, néctar, honeydew (New, 1975).

Para o completo desenvolvimento dos crisopídeos e para a reprodução dos adultos os recursos alimentares são muito importantes. A capacidade predatória desses insetos depende da estrutura do corpo da presa, por exemplo, os insetos de corpo mais mole são preferentemente predados. Estudos feitos com ovos e larvas de primeiro ínstar de *Ch. externa* apresentaram uma redução na população de tripses em plantas de amendoim (Rodrigues *et al.*, 2014). Também, experimentos sobre efeitos de diversas presas no desenvolvimento de *D. prasina* demonstraram que os ovos de *A. kuehniella* e ninfas de *M. persicae* foram as mais favoráveis entre as demais presas avaliadas (Pappas *et al.*, 2007).

Segundo Fonseca *et al.* (2015) a viabilidade e a capacidade predadora das larvas de *Ch. externa* alimentandas com *R. maidis* foram favorecidas nas temperaturas de 20 e 25 °C, consumindo aproximadamente 350 pulgões. Outros estudos sobre a capacidade predatória dos crisopídeos demonstram que durante todo o ciclo larval, os crisopídeos podem consumir cerca

de 567 ovos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius), 930 ovos de *S. cerealella*, 1553 ovos de *A. kuehniella* (Murata *et al.*, 2006) e 525 ninfas de *Sipha flava* (Forbes) (Oliveira *et al.*, 2010).

A espécie *Chrysoperla lucasina* (Lacroix) conseguiu completar o período ovo-adulto alimentando-se de 444,2 e 281,2 ninfas de terceiro instar de *Bemisia tabaci* (Gennadius) e *M. persicae*, respectivamente (Baghdadi *et al.*, 2012). Shrestha *et al.* (2013) concluíram que *Chrysoperla carnea* Stephens pode ser um potencial agente de controle biológico para o pulgão *Nasonovia ribisnigri* (Mosley), mas também pode contribuir com o controle do tripses *Frankliniella occidentalis* (Pergande).

Também, estudos feitos por Sattayawong *et al.* (2016) demonstraram que o crisopídeo *Plesiochrysa ramburi* (Schneider) predominante em cultivos de mandioca, pode se desenvolver melhor em certas espécies de cochonilhas sendo a espécie *Pseudococcus jackbeardsleyi* (Gimpel e Miller) a mais adequada para criação massal visando o uso desse predador em programas de Manejo Integrado de Pragas.

2.4. Ocorrência nos agroecossistemas

Os crisopídeos foram relatados em vários ecossistemas naturais e agroecossistemas devido a sua estreita relação com pragas e culturas. No Brasil é cultivado uma ampla quantidade de culturas em diferentes estruturas de vegetação, por exemplo, gramíneas (milho, aveia, cevada, trigo), videira, guaraná, culturas perenes e de porte arbustivos como cafeeiro, laranja, cacau, etc. Frequentemente, nesses ambientes são encontrados uma ampla riqueza de espécies de crisopídeos (Freitas e Penny, 2001).

Estudos feitos por Resende *et al.* (2014) mostraram que os adultos de crisopídeos ocorrem em diferentes cultivos agrícolas com tendência a serem mais comum em áreas cultivadas com gramíneas, onde, entre as espécies *Ch. externa*, *Ce. cubana* e *Ce. paraguayaria*, a predominância de *Ch. externa* foi visível, indicando que é uma espécie adaptada a ambientes perturbados como são os agroecossistemas.

Segundo Ribeiro *et al.* (2014), várias espécies de crisopídeos estão associadas a plantas de café, entre elas *Ce. cincta*, *Ce. cubana* e *Ch. externa*. Também, espécies como *Ch. externa*, *Ce. cubana*, *Ce. cincta* e espécies de *Chrysopodes* podem estar associadas a plantações de tomate (Moura *et al.*, 2015). Os autores Bezerra *et al.* (2010) coletaram um total de 315 crisopídeos em cultivos de melão no estado de Rio Grande do Norte, Brasil, sendo *Ce. cubana* coletado de agosto a setembro, *Ch. genanigra* de setembro a janeiro e *Ch. externa* de

agosto a novembro. Além disso, espécies de *Ce. cincta* tem sido encontrado com frequência nos agroecossistemas da região de Jaboticabal-SP (Bortoli *et al.*, 2009).

Em áreas de plantio de *Pinus taeda* (L.) no sul do Paraná, os picos populacionais de crisopídeos ocorreram nos meses mais quentes de dezembro a março (Cardoso *et al.*, 2003). Porém, estudos feitos por Souza e Carvalho (2002) em Minas Gerais evidenciaram que os picos populacionais de *Ch. externa*, em pomares de citros, ocorrem nos meses mais frios.

Sorribas *et al.* (2016) observaram que a espécie *Ch. carnea* foi mais abundante em pomares de citros com manejo convencional durante o verão, porém, foi observado uma abundância relativa e estável durante o ano todo em pomares orgânicos.

2.5. Exigências térmicas e zoneamento climático

A temperatura é o principal fator limitante da distribuição dos insetos, pois, influencia seu desenvolvimento e sobrevivência. Por isso, os estudos locais da dinâmica populacional de espécies de insetos são imprescindíveis, visto que, pode variar de acordo as diferentes regiões climáticas (Messenger, 1959).

Devido à natureza pecilotérmica dos insetos, eles podem se adaptar a determinadas faixas térmicas, e, se a temperatura ambiente diminuir, a taxa de desenvolvimento tende a ser mais lenta, chegando a um ponto onde o crescimento do inseto cessa em uma temperatura bem baixa denominada limite térmico inferior ou temperatura base (T_b). A partir da T_b , à medida que vai subindo a temperatura, devido a processos fisiológicos, o inseto desenvolve-se mais rápido, até chegar a uma temperatura ótima (T_{opt}). Após o intervalo entre T_b e T_{opt} , o inseto começa a diminuir seu desenvolvimento até cessar chegando a uma temperatura máxima ($T_{máx}$) (Trudgill *et al.*, 2005).

A relação entre taxa de desenvolvimento e temperatura geralmente é próxima a linearidade. Para estudar as exigências térmicas dos insetos em condições de laboratório é necessário determinar a temperatura base (T_b) e a constante térmica (K). Esta última, consiste no número de graus-dias necessários para completar o desenvolvimento computados a partir da T_b até T_{opt} (Trudgill *et al.*, 2005). Para tal estudo, são utilizados modelos lineares baseados em cálculos matemáticos que visam a previsão de comportamento e possível distribuição dos insetos nos diferentes climas (Haddad *et al.*, 1999).

O trabalho feito por Gómez-Torres (2009) demonstra a importância desse estudo, no qual, foi feito com uma praga dos citros, *Diaphorina citri* Kuwayama e seu parasitoide

Tamarixia radiata (Waterston) onde por meio dos estudos de exigências térmicas estimou-se que a maior incidência e aumento populacional da praga e do parasitoide, poderia ocorrer em regiões e épocas do ano com temperaturas mais elevadas, aumento de chuvas e de brotações das plantas cítricas.

Bezerra *et al.* (2012) determinaram uma temperatura base (T_b) de 10,8 °C e constante térmica (K) de 336,7 graus dias para *Ch. genanigra*. Para *Ch. externa*, Maia *et al.* (2000) concluíram que as temperaturas bases e as constantes térmicas variaram com as fases do desenvolvimento do inseto oscilando de 9,8 a 13 °C e de 38,2 a 362,1 graus dias, respectivamente.

Dentro do contexto do controle biológico, estudar as necessidades térmicas dos inimigos naturais permite escolher qual deles pode ser o mais adequado para ser liberados em determinados ambientes (Eliopoulos *et al.*, 2010). Assim, na literatura pode se encontrar vários estudos de exigências térmicas com inimigos naturais (Albuquerque *et al.*, 1994; López-Arroyo *et al.*, 1999a; Freitas Bueno *et al.*, 2009; Pasini *et al.*, 2010; Bezerra *et al.*, 2012; Pappas *et al.*, 2013; Costa-Lima *et al.*, 2014; Gómez-Torres *et al.*, 2014).

Também, é muito estudado as exigências térmicas de pragas permitindo prever a ocorrência em determinados ambientes (Haddad *et al.*, 1999). Além disso, os estudos de zoneamento climático representados em forma espacial, baseado nos estudos térmicos e número estimado de gerações, são muito utilizados (Milanez *et al.*, 2005; Nava *et al.*, 2005; Nondillo *et al.*, 2008; Freitas Bueno *et al.*, 2009; Neves *et al.*, 2010; Bolzan *et al.*, 2017).

O zoneamento climático tem grandes vantagem quando são estudados, exemplo disso, é o trabalho feito em três espécies de cigarrinhas para o Estado de Santa Catarina. Este estudo, oferece subsídios para o desenvolvimento de modelos matemáticos de previsão de ocorrência da doença chamada Clorose Variegada dos Citros (CVC), dentro de programas integrados de proteção de plantas de cítricos considerando-se que é possível acompanhar o desenvolvimento populacional dos vetores, em função de suas exigências térmicas (Milanez *et al.*, 2005).

Os estudos de exigências térmicas e zoneamento climático é uma ferramenta importante para programas de manejo integrado de pragas, porém, pouco são os estudos com espécies de crisopídeos.

2.6. Crisopídeos e o controle biológico

Desde o final do século 20 surgiu um grande interesse dos pesquisadores com relação aos crisopídeos, tanto por sua capacidade predadora generalista como sua ocorrência em diversos agroecossistemas, nichos ecológicos e tolerância a uma gama de inseticidas, permitindo vários estudos sobre sua biologia sendo finalmente considerados como agentes promissores de controle biológico (Senior *et al.*, 2001).

Várias pesquisas sobre criação massal desses insetos predadores foram feitas tanto para realização de experimentos em nível de laboratório como estudos para posterior liberação no campo. Os primeiros trabalhos de liberações de crisopídeos em casas de vegetação foram feitos por Ridgway e Jones (1968). Estes autores demonstraram que após das liberações de ovos e larvas de *Ch. carnea* no algodão, houve redução das populações de *Heliothis zea* (Boddie) e *Heliothis virescens* (F) de 73,8 a 99,5%, respectivamente.

Os crisopídeos são amplamente encontrados em vários ambientes naturais e implantados. Seu uso no controle biológico de pragas pode ser mediante a conservação das espécies encontradas de forma natural na cultura utilizando-se as seguintes técnicas: uso de atraentes e alimentos suplementares, plantas que sirvam de abrigo para hibernação dos adultos, uso de inseticidas seletivos. Por outro lado, esses predadores podem ser também manipulados mediante o controle biológico aumentativo (inundativo ou inoculativo) sendo predominantemente utilizados ovos e larvas para as liberações em casas de vegetação ou no campo (Senior *et al.*, 2001).

Na Itália, o uso de crisopídeos para o controle de pulgão em morango realizado em casas de vegetação teve sucesso mediante liberações de 18 larvas/m² do segundo ínstar de *Ch. carnea*, tais liberações foram feitas quando se observava mais de 30% das folhas infestadas (Benuzzi *et al.*, 1992). Assim, a comercialização destes predadores no continente europeu, asiático e americano é muito comum e é utilizado em mediana escala, porém, na América Latina ainda o uso é menor (van Lenteren *et al.*, 2017).

No Brasil, a produção e utilização dos crisopídeos em programas de manejo integrado de pragas é ainda recente. Existem trabalhos conduzidos em laboratório e ambientes protegidos onde revelam o desempenho do predador em espécies de lepidópteros, pulgões, cochonilhas, moscas-brancas, tripes e outros (Auad *et al.*, 2001; Murata *et al.*, 2006; Auad *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2010; Oliveira *et al.*, 2016; Tapajós *et al.*, 2016).

O controle biológico é uma prática alternativa ao controle químico e deve ser utilizado como componente dentro do manejo integrado de pragas, já que, o simples uso do

controle biológico torna-se uma ferramenta difícil para diminuir as populações de pragas e que não causem danos aos cultivos (Parra, 2014). Neste contexto, os crisopídeos mostram seu potencial biológico como uma vantagem para o produtor agrícola visando uma agricultura sustentável, embora, exista a necessidade de maiores pesquisas para perfeição o uso deles no controle de pragas agrícolas.

Referências

- ADAMS, P. A.; PENNY, N. D. Neuroptera of the Amazon basin. Part 11a. Introduction and hrysopini. **Acta Amazonica**, v. 15, n. 3-4, p. 413-480, 1985. ISSN 0044-5967.
- ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): Life History and Potential for Biological Control in Central and South America. **Biological Control**, v. 4, n. 1, p. 8-13, 1994. ISSN 1049-9644. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964484710024>>.
- AUAD, A. M.; SANTOS, J. C.; FONSECA, M. G. Effects of temperature on development and survival of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) fed on *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae). **Florida entomologist**, v. 97, n. 4, p. 1353-1363, 2014.
- AUAD, A. M. et al. Aspectos biológicos dos estádios imaturos de *Chrysoperla externa* (Hagen) e *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentados com ovos e ninfas de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, p. 429-432, 2001. ISSN 1519-566X.
- AUAD, A. M. et al. Potencial de *Chrysoperla externa* (Hagen) no controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B em tomateiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 1, 2007. ISSN 1679-9275.
- BAGHDADI, A.; SHARIFI, F.; MIRMOAYEDI, A. Investigation on some biological aspects of *Chrysoperla lucasina* (Chrysopidae: Neuroptera) on *Bemisia tabaci* in laboratory conditions. **Communications in agricultural and applied biological sciences**, v. 77, n. 4, p. 635-638, 2012. ISSN 1379-1176.
- BENUZZI, M.; MANZAROLI, G.; NICOLI, G. Biological control in protected strawberry in northern Italy. **EPPO Bulletin**, v. 22, n. 3, p. 445-448, 1992. ISSN 1365-2338.
- BEZERRA, C. E. S. et al. Green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) associated with melon crop in Mossoró, Rio Grande do Norte State, Brazil. **Neotropical entomology**, v. 39, n. 3, p. 454-455, 2010. ISSN 1519-566X.

- _____. Biology and thermal requirements of *Chrysoperla genanigra* (Neuroptera: Chrysopidae) reared on *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs. **Biological Control**, v. 60, n. 2, p. 113-118, 2012/02/01/ 2012. ISSN 1049-9644. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964411003227> >.
- BOLZAN, A. et al. Development of *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) under constant temperatures and field validation of a laboratory model for temperature requirements. **Crop Protection**, v. 100, p. 38-44, 2017. ISSN 0261-2194.
- BROOKS, S. J.; BARNARD, P. C. The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). **Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology Series**, v. 59, n. 2, p. 117-286, 1990. ISSN 0524-6431.
- CANARD, M.; VOLKOVICH, T. A. **Outlines of lacewing development**. Cambridge University Press, Cambridge, 2001.
- CARDOSO, J. T. et al. Ocorrência e flutuação populacional de Chrysopidae (Neuroptera) em áreas de plantio de *Pinus taeda* (L.) (Pinaceae) no Sul do Paraná. **Revista Brasileira de Entomologia**, p. 473-475, 2003. ISSN 0085-5626.
- COSTA-LIMA, T. C. D.; CHAGAS, M. C. M. D.; PARRA, J. R. P. Temperature-dependent development of two neotropical parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 245, 2014. ISSN 1536-2442.
- de BORTOLI, S. A. et al. Aspectos biológicos de *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera, Chrysopidae), em condições de laboratório. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 9, n. 2, p. 101-106, 2009. ISSN 1519-5228.
- de FREITAS BUENO, R. C. O.; PARRA, J. R. P.; de FREITAS BUENO, A. Biological characteristics and thermal requirements of a Brazilian strain of the parasitoid *Trichogramma pretiosum* reared on eggs of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatilis*. **Biological Control**, v. 51, n. 3, p. 355-361, 2009. ISSN 1049-9644.
- de OLIVEIRA, R. L. et al. Life history parameters and feeding preference of the green lacewing *Ceraeochrysa cubana* fed with virus-free and potato leafroll virus-infected *Myzus persicae*. **BioControl**, v. 61, n. 6, p. 671-679, 2016. ISSN 1386-6141.
- DUELLI, P. **Lacewings in field crops**. Lacewings in the crop environment, p. 158-171, 2001.
- EISNER, T. et al. Chemical egg defense in a green lacewing (*Ceraeochrysa smithi*). **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 93, n. 8, p. 3280-3283, 1996. ISSN 0027-8424/1091-6490. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC39597/> >.

- ELIOPOULOS, P. A.; KONTODIMAS, D. C.; STATHAS, G. J. Temperature-dependent development of *Chilocorus bipustulatus* (Coleoptera: Coccinellidae). **Environmental entomology**, v. 39, n. 4, p. 1352-1358, 2010. ISSN 1938-2936.
- FONSECA, A. R. et al. Development and predatory capacity of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae at different temperatures. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 41, n. 1, p. 4-11, 2015. ISSN 0120-0488.
- FONSECA, A. R.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Capacidade predatória e aspectos biológicos das fases imaturas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) em diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 2, p. 251-263, 2001.
- FREITAS, S. de. **O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas em laboratório**. Jaboticabal, p.66. 2001
- FREITAS, S. de.; PENNY, N. D. **The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agro-ecosystems. Proceedings of the California Academy of Sciences**, San Francisco, v. 52, p. 245-395, 2001
- GÓMEZ-TORRES, M. L. **Estudos bioecológicos de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Psyllidae)**. Tese (Doutorado em Entomologia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo. 2013.
- GÓMEZ-TORRES, M. L.; NAVA, D. E.; PARRA, J. R. P. Life Table of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) at Different Temperatures. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 2, p. 338-343, 2012. ISSN 0022-0493. Disponível em: < <https://doi.org/10.1603/EC11280> >. Acesso em: 2018/01/03.
- _____. Thermal hygrometric requirements for the rearing and release of *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera, Eulophidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 58, n. 3, p. 291-295, 2014. ISSN 0085-5626.
- HADDAD, M. L.; PARRA, J. R. P.; MORAES, R. C. B. **Método para estimar os limites térmicos e a faixa ótima de desenvolvimento das diferentes fases do ciclo evolutivo de insetos**. Piracicaba: FEALQ, p.12 p. 1999
- HARUYAMA, N. et al. Developmental Time and Survival of Trash-Carrying Versus Naked Green Lacewings, With Implications for Their Utility as Augmentative Biological Control Agents. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 105, n. 6, p. 846-851, 2012. ISSN 0013-8746. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1603/AN12003> >.

- LÓPEZ-ARROYO, J. I.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. Comparative life histories of the predators *Ceraeochrysa cincta*, *C. cubana*, and *C. smithi* (Neuroptera: Chrysopidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 92, n. 2, p. 208-217, 1999a. ISSN 1938-2901.
- _____. Intermittent oviposition and remating in *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 92, n. 4, p. 587-593, 1999b. ISSN 1938-2901.
- MAIA, W.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Exigências térmicas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) em condições de laboratório. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 1, p. 81-86, 2000.
- MESSINGER, P. S. Bioclimatic studies with insects. **Annual Review of Entomology**, v. 4, n. 1, p. 183-206, 1959. ISSN 0066-4170.
- MILANEZ, J. M. et al. Ecological zoning of *Dilobopterus costalimai* Young, *Oncometopia falcialis* young and *Acrogonia citrina* Marucci & Cavichioli (Hemiptera: Cicadellidae) for the Santa Catarina State, Brazil. **Neotropical entomology**, v. 34, n. 2, p. 297-302, 2005. ISSN 1519-566X.
- MOURA, A. P. D. et al. Species of Chrysopidae (Neuroptera) associated to trellised tomato crops in two cities of Rio de Janeiro State, Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 82, p. 0-0, 2015. ISSN 1808-1657.
- MURATA, A. T. et al. Capacidade de consumo de *Chrysoperla externa* (HAGEN, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em diferentes presas. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, 2006. ISSN 0100-316X.
- NAKAHIRA, K.; NAKAHARA, R.; ARAKAWA, R. Effect of temperature on development, survival, and adult body size of two green lacewings, *Mallada desjardinsi* and *Chrysoperla nipponensis* (Neuroptera: Chrysopidae). **Applied entomology and zoology**, v. 40, n. 4, p. 615-620, 2005. ISSN 0003-6862.
- NAVA, D. E.; DE LARA HADDAD, M.; PARRA, J. R. P. Exigências térmicas, estimativa do número de gerações de *Stenomacrus catenifer* e comprovação do modelo em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 10, p. 961-967, 2005. ISSN 1678-3921.
- NEVES, A. D. et al. Temperature requirements and generation number estimates of croton mealybug reared in Rangpur lime. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 791-796, 2010. ISSN 0100-204X.

- NEW, T. R. The biology of Chrysopidae and Hemerobiidae (Neuroptera), with reference to their usage as biocontrol agents: a review. **Ecological Entomology**, v. 127, n. 2, p. 115-140, 1975. ISSN 1365-2311.
- NONDILLO, A. et al. Exigências térmicas e estimativa do número de gerações anuais de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) em morangueiro. **Neotropical entomology**, v. 37, n. 6, p. 646-650, 2008. ISSN 1519-566X.
- NÚÑEZ, Z. Ciclo biológico y crianza de *Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera, Chrysopidae). **Revista Peruana de Entomologia**, v. 31, p. 76-82, 1988.
- OLIVEIRA, S. A. et al. Effect of temperature on the interaction between *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Sipha flava* (Hemiptera: Aphididae). **European Journal of Entomology**, v. 107, n. 2, p. 183, 2010. ISSN 1210-5759.
- PAPPAS, M. L.; BROUFAS, G. D.; KOVEOS, D. S. Effects of various prey species on development, survival and reproduction of the predatory lacewing *Dichochrysa prasina* (Neuroptera: Chrysopidae). **Biological Control**, v. 43, n. 2, p. 163-170, 2007. ISSN 1049-9644. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964407001661>>.
- PAPPAS, M. L.; G.D BROUFAS, G. D.; KOVEOS, D. S. Chrysopid Predators and their Role in Biological Control. **Journal of Entomology**, v. 8, n. 3, p. 301-326, 2011.
- PAPPAS, M. L. et al. Developmental temperature responses of *Chrysoperla agilis* (Neuroptera: Chrysopidae), a member of the European carnea cryptic species group. **Biological Control**, v. 64, n. 3, p. 291-298, 2013. ISSN 1049-9644. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964412002654>>.
- PAPPAS, M. L.; KOVEOS, D. S. Life-History Traits of the Predatory Lacewing *Dichochrysa prasina* (Neuroptera: Chrysopidae): Temperature-Dependent Effects When Larvae Feed on Nymphs of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 104, n. 1, p. 43-49, 2011. ISSN 0013-8746. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1603/AN10036>>.
- PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 420-429, 2014. ISSN 0103-9016.
- PASINI, A. et al. Exigências térmicas de *Doru lineare* Eschs. e *Doru luteipes* Scudder em laboratório. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p. 1562-1568, 2010. ISSN 0103-8478.
- PESSOA, L. G. A. et al. Efeito da variação da temperatura sobre o desenvolvimento embrionário e pós-embrionário de *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás) (Neuroptera: Chrysopidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 71, n. 4, p. 473-474, 2004.

- RAMÍREZ-DELGADO, M. et al. Rasgos biológicos y poblacionales del depredador *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (México) (Neuroptera: Chrysopidae). **Acta zoológica mexicana**, v. 23, n. 3, p. 79-95, 2007. ISSN 0065-1737.
- RESENDE, A. L. S. et al. Influência de diferentes cultivos e fatores climáticos na ocorrência de crisopídeos em sistema agroecológico. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 3, p. 257-263, 2014. ISSN 1808-1657.
- RIBEIRO, A. E. L. et al. Occurrence of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) in two coffee cropping systems. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 20, p. 1597-1603, 2014. ISSN 1991-637X.
- RIDGWAY, R. L.; JONES, S. L. Field-Cage Releases of *Chrysopa carnea* for Suppression of Populations of the Bollworm and the Tobacco Budworm on Cotton 1 2 3 4. **Journal of Economic Entomology**, v. 61, n. 4, p. 892-898, 1968. ISSN 1938-291X.
- RODRIGUES, C. A. et al. Dynamics and predation efficiency of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Enneothrips flavens* (Thysanoptera: Thripidae). **Florida entomologist**, v. 97, n. 2, p. 653-658, 2014.
- SATTAYAWONG, C.; URAICHUEN, S.; SUASA-ARD, W. Larval preference and performance of the green lacewing, *Plesiochrysa ramburi* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae) on three species of cassava mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae). **Agriculture and Natural Resources**, v. 50, n. 6, p. 460-464, 2016. ISSN 2452-316X.
- SENIOR, L. J. et al. **The use of lacewings in biological control**. Lacewings in the crop environment, p. 296-302, 2001.
- SHRESTHA, G.; ENKEGAARD, A.; GIRAY, T. The green lacewing, *Chrysoperla carnea*: preference between lettuce aphids, *Nasonovia ribisnigri*, and western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. **Journal of Insect Science**, v. 13, n. 1, 2013.
- SILVA, P. S. et al. Life history of a widespread Neotropical predator, *Chrysopodes* (*Chrysopodes*) *lineafrons* (Neuroptera: Chrysopidae). **Biological Control**, v. 41, n. 1, p. 33-41, 2007. ISSN 1049-9644. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964406003136>>.
- SORRIBAS, J. et al. Abundance, movements and biodiversity of flying predatory insects in crop and non-crop agroecosystems. **Agronomy for sustainable development**, v. 36, n. 2, p. 34, 2016. ISSN 1774-0746.

- SOUZA, B.; CARVALHO, C. F. Population dynamics and seasonal occurrence of adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in a citrus orchard in Southern Brazil. **Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, v. 48, n. 2, p. 301-310, 2002.
- TAPAJÓS, S. J. et al. Suitability of two exotic mealybug species as prey to indigenous lacewing species. **Biological Control**, v. 96, n. Supplement C, p. 93-100, 2016. ISSN 1049-9644. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964416300172>>.
- TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J.; ALBUQUERQUE, G. S. Neuroptera:(lacewings, antlions). In: (Ed.). **Encyclopedia of Insects** (Second Edition): Elsevier, 2009. p.695-707.
- _____. Debris-carrying in larval Chrysopidae: unraveling its evolutionary history. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 107, n. 2, p. 295-314, 2014.
- TAUBER, M. J.; TAUBER, C. A.; HILTON, T. W. Life history and reproductive behavior of the endemic Hawaiian *Anomalochrysa hepatica* (Neuroptera: Chrysopidae): A comparative approach. **European Journal of Entomology**, v. 103, n. 2, p. 327-336, 2006. ISSN 1210-5759.
- TRUDGILL, D. L. et al. Thermal time – concepts and utility. **Annals of Applied Biology**, v. 146, n. 1, p. 1-14, 2005. ISSN 1744-7348. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.04088.x>>.
- van LENTEREN, J. C. et al. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v. 63, p. 1-21, 2017. ISSN 1386-6141.
- VASANTHAKUMAR, D.; BABU, A. Life table and efficacy of *Mallada desjardinsi* (Chrysopidae: Neuroptera), an important predator of tea red spider mite, *Oligonychus coffeae* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and applied acarology**, v. 61, n. 1, p. 43-52, 2013. ISSN 0168-8162.
- YU, L.-Y. et al. Demographic analysis, a comparison of the jackknife and bootstrap methods, and predation projection: a case study of *Chrysopa pallens* (Neuroptera: Chrysopidae). **Journal of economic entomology**, v. 106, n. 1, p. 1-9, 2013. ISSN 0022-0493.

3. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria* E *Chrysoperla externa* (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) E TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE EM TEMPERATURAS CONSTANTES

RESUMO

Os crisopídeos são predadores de vários insetos-pragas, apresentam uma ampla distribuição geográfica e são encontrados em diversas culturas de importância econômica. Objetivou-se com este estudo comparar aspectos biológicos de *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana* (Hagen), *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás) e *Chrysoperla externa* (Hagen), verificar a influência de sete temperaturas constantes estabelecendo as condições térmicas ideais para o desenvolvimento e reprodução de cada uma das espécies, em condições de laboratório. As espécies de crisopídeos foram avaliadas em sete temperaturas constantes 18, 20, 22, 25, 28, 30 e 32 °C. Os crisopídeos conseguiram se desenvolver na faixa térmica entre 18 e 32 °C em cada estágio de desenvolvimento e período ovo-adulto obtendo as melhores viabilidades entre as temperaturas de 20 e 28 °C. A espécie *Ch. externa* teve um desenvolvimento mais rápido do que as demais espécies. A temperatura ideal de reprodução para a espécie *Ch. externa* foi a 28 °C, para as espécies *Ce. cincta* e *Ce. paraguaria* foram entre 22 e 25 °C e para a espécie *Ce. cubana* nas faixas térmicas entre 22 e 28 °C. Foram observadas fertilidades elevadas. Faixas térmicas ótimas de crescimento populacional para *Ce. cincta* foram obtidas entre 22 e 28 °C, para *Ce. paraguaria* entre 22 e 25 °C, para *Ce. cubana* na temperatura de 28 °C e, para *Ch. externa* nas temperaturas entre 25 e 28 °C.

Palavras-chave: Crisopídeos; Faixa térmica; Desenvolvimento; Reprodução

ABSTRACT

The lacewings prey on various insect pests, have a wide geographical distribution and are found in a number of economically important crops. The objective of this study was to compare the biological aspects of *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana* (Hagen), *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás) and *Chrysoperla externa* (Hagen), to verify the influence of seven constant temperatures, establishing the ideal thermal conditions for the development and reproduction of each species under laboratory conditions. The species of lacewings were evaluated in seven constant temperatures 18, 20, 22, 25, 28, 30 and 32 °C. The species were able to develop in the thermal range between 18 and 32 °C in each stage of development and egg-adult period obtaining the best viabilities between the temperatures of 20 and 28 °C. The *Ch. externa* species had

faster development than other species. The ideal temperature for reproduction to *Ch. externa* species was 28 °C, to *Ce. cincta* and *Ce. paraguaria* were between 22 and 25 °C and for the *Ce. cubana* in the thermal ranges between 22 and 28 °C. High fertility was observed at these temperatures. Optimum thermal ranges of population growth for *Ce. cincta* were obtained between 22 and 28 °C, for *Ce. paraguaria* were 22 to 25 °C, for *Ce. cubana* at 28 °C and for *Ch. externa* at temperatures between 25 and 28 °C.

Keywords: Lacewings; Temperature range; Desenvolvimento; Reproduction

3.1. Introdução

Os crisopídeos são importantes inimigos naturais associados a ecossistemas naturais e agroecossistemas, são considerados predadores generalistas, mas podem ter preferências alimentares por certas presas (Freitas, 2001; Baghdadi *et al.*, 2012; Shrestha *et al.*, 2013; Sattayawong *et al.*, 2016). São predadores de vários insetos-pragas e pertencem à segunda maior família da ordem Neuroptera, chamada Chrysopidae, constituída por aproximadamente 1200 espécies divididos em 86 gêneros e subgêneros (Brooks e Barnard, 1990). As larvas se alimentam de uma ampla variedade de insetos pequenos e de corpo mole, como pulgões, cochonilhas, cigarrinhas, moscas-brancas, psilídeos, tripes, ovos e larvas de lepidópteros, ácaros e outros insetos de importância econômica (Adams e Penny, 1985b; a). Ao contrário das larvas, os adultos alimentam-se de pólen, néctar e honeydew, mas, algumas espécies são predadoras (New, 1975).

As vantagens que fazem que estes inimigos naturais sejam amplamente estudados são a sua facilidade de serem criados em laboratório, tolerância a alguns inseticidas, tempo de desenvolvimento relativamente rápido, predadores eficientes e a ampla gama de presas das larvas, que permite o controle de populações de insetos que vivem em colônias (ex: pulgões e outros). Apesar da larva ser a fase predadora, na natureza, os adultos cumprem a importante função de dispersão e reprodução (Pappas *et al.*, 2011; Rugno *et al.*, 2016).

Os crisopídeos apresentam qualidades importantes que permitem proteger-se de seus inimigos naturais, tais como predadores ou parasitoides. A maioria das espécies têm o hábito larval de carregar lixo no dorso como mecanismo de defesa permitindo-se camuflar e passar despercebidos na natureza, contudo, algumas espécies não apresentam esse hábito sendo larvas mais ativas (Tauber *et al.*, 2014). Além disso, a maioria dos crisopídeos colocam seus ovos no final de um pedúnculo conferindo-lhe proteção contra formigas ou besouros, ocasionalmente esse filamento pode estar embebido de gotículas com um fluido oleoso que

repele outros insetos (Eisner *et al.*, 1996; Hayashi e Nomura, 2014). Também, podem secretar substâncias químicas repelentes através do ânus das larvas e glândulas protorácicas dos adultos, outro mecanismo de defesa dos adultos é que podem evadir rapidamente aos ataques de outros inimigos naturais (Blum *et al.*, 1973; Miller e Olesen, 1979; Lamunyon e Adams, 1987).

O gênero *Chrysoperla* é considerado o mais abundante e estudado devido à sua ampla distribuição geográfica (Pappas *et al.*, 2011). Entre as espécies mais utilizadas comercialmente como agentes de controle biológico aumentativo estão: *Chrysoperla carnea* (Stephens) (na Europa, Norte da África, América do Norte, América Latina e Ásia) e *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister) (na América do Norte) (van Lenteren, 2012). As espécies neotropicais como *Chrysoperla externa* (Hagen) são abundantes e distribuídas desde o sul dos EUA até o sul da América do Sul, ocorrendo de forma natural no ambiente e em cultivos agrícolas (Tauber *et al.*, 2000; Albuquerque *et al.*, 2001). Por outro lado, o gênero *Ceraeochrysa* estende-se do Canadá até Argentina e, entre as espécies disponibilizadas comercialmente, estão: *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) e *Ceraeochrysa smithi* (Navás) (Albuquerque *et al.*, 2001; van Lenteren *et al.*, 2017).

No Brasil, foram identificados, em vários sistemas agrícolas, oitenta espécies da família Chrysopidae divididos em seis gêneros e dois subgêneros (Freitas e Penny, 2001). Devido a uma ampla ocorrência destes predadores nos ecossistemas brasileiros, várias pesquisas em condições de laboratório, semi-campo e campo estão sendo conduzidas, demonstrando que tais predadores são promissores agentes de controle biológico (Maia *et al.*, 2000; Souza e Carvalho, 2002; Pessoa *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2010; Bezerra *et al.*, 2012; Resende *et al.*, 2014; Rodrigues *et al.*, 2014; Rugno *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2016; Rugno *et al.*, 2016; Morales-Corrêa e Castro e Barbosa, 2017).

Cabe salientar que, as espécies de crisopídeos são muito variáveis em relação ao desempenho como predadores, provavelmente devido a origem geográfica, preferência alimentar e de habitats e condições climáticas (Albuquerque *et al.*, 2001). Esta última, de modo geral, afeta os insetos devido à natureza exotérmica, sendo sensíveis ao calor, já que seu crescimento e temperatura corporal variam de acordo com o ambiente. Portanto, a temperatura constitui um dos fatores abióticos mais importantes na sua bioecologia (Neven, 2000; Trudgill *et al.*, 2005; Martínez-García *et al.*, 2017).

À medida que aumenta a temperatura, os insetos passam por uma série de mudanças afetando a taxa metabólica, respiração, desenvolvimento e reprodução entre outras alterações no seu organismo (Neven, 2000). Neste sentido, poucos são os estudos de biologia comparada em diferentes espécies de crisopídeos e tabela de vida de fertilidade em diferentes

temperaturas constantes que permitam conhecer qual é a faixa de temperatura ótima para seu desenvolvimento. Além disso, tais conhecimentos, fornecem informações úteis sobre a dinâmica populacional das espécies, estimativas de ocorrência no campo, capacidade de adaptação às condições ambientais e para programação de uma produção massal visando ao uso destes crisopídeos em programas de controle biológico (Tauber *et al.*, 2000).

Na atualidade, a procura por uma agricultura mais sustentável e saudável é cada vez maior, onde o uso do controle biológico para diminuir as populações de pragas nos sistemas agrícolas é cada vez mais requerido pela sociedade, devido às múltiplas vantagens como: não tóxicos para serem manipulados, diminuição do uso de inseticidas e acaricidas no controle de pragas permitindo uma agricultura amigável com o meio ambiente (van Lenteren *et al.*, 2017). Desse modo, os inimigos naturais, neste caso os crisopídeos, podem constituir uma alternativa de controle de pragas dentro de programas de Manejo Integrado de Pragas nos agroecossistemas brasileiros, por conseguinte, mais pesquisas devem ser realizadas para o sucesso do uso desses predadores.

Assim, objetivou-se com o presente trabalho comparar aspectos biológicos de *Ce. cincta*, *Ceraeochrysa cubana* (Hagen), *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás) e *Ch. externa*, assim como, verificar a influência de sete temperaturas constantes no desenvolvimento de cada umas das espécies estabelecendo as condições térmicas ideais para seu desenvolvimento e reprodução em condições de laboratório. As informações obtidas neste estudo serão importantes para o uso destas espécies em futuros programas de controle biológico visando o Manejo Integrado de Pragas.

3.2. Material e Métodos

Os estudos foram conduzidos nos laboratórios de Biologia de Insetos e Ecologia e Entomologia Florestal, do Departamento de Entomologia e Acarologia da USP/ESALQ, em Piracicaba, SP.

3.2.1. Criação e manutenção dos crisopídeos

As populações dos crisopídeos foram estabelecidas no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas com adultos de *Ch. externa*, *Ce. cincta*, *Ce. paraguaria* e *Ce. cubana* coletados em pomares de cítricos provenientes de fazendas localizadas no interior do Estado

de São Paulo. Os adultos foram colocados em gaiolas de PVC com diâmetro de 15 cm × 21 cm de altura, fechadas na extremidade superior com tecido tipo voile, fixados com elásticos e a extremidade inferior apoiada em placa de Petri. Todo o interior da gaiola foi revestido com papel sulfite branco para oviposição. A alimentação do adulto foi constituída de dieta à base de mel e levedura de cerveja (1:1, v: v), colocados sobre algodões e dispostos na parte superior de cada gaiola. Os algodões foram umedecidos com água destilada diariamente. Os ovos das fêmeas foram coletados e individualizados em tubos de vidro de 2,5 cm de diâmetro × 8,5 cm altura. As larvas eclodidas foram alimentadas *ad libitum* com ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) inviabilizados com luz UV, colados em cartelas e conservados em congelador (Stein e Parra, 1987). As larvas foram mantidas nos tubos até a emergência dos adultos. Essa criação de manutenção foi mantida em sala climatizada [temperatura 25 ± 2 °C, umidade relativa (UR) $70 \pm 10\%$ e fotofase 14 h].

3.2.2. Desenvolvimento de quatro espécies de crisopídeos em diferentes temperaturas

Para avaliação dos aspectos biológicos de quatro espécies de crisopídeos, utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado. Os tratamentos foram arranjados em um esquema fatorial 4×7 , sendo 4 espécies de crisopídeos (*Ch. externa*, *Ce. cincta*, *Ce. paraguaria* e *Ce. cubana*) e 7 temperaturas (18, 20, 22, 25, 28, 30 e 32 °C), obtidas em câmaras climatizadas tipo B.O.D. (Biological Oxygen Demand), com UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h. Foram utilizados 40 ovos com até 24 h de idade de cada espécie de crisopídeos provenientes da segunda geração de laboratório (F₂). Foram cortados os pedúnculos dos ovos com tesoura e colocados em tubos de vidro de 2,5 cm de diâmetro × 8,5 cm de altura, fechados com filme plástico e, posteriormente, acondicionados nas câmaras com as sete temperaturas correspondentes.

As larvas eclodidas foram alimentadas *ad libitum* como descrito anteriormente no subtópico “criação de manutenção dos crisopídeo”. Os indivíduos foram mantidos nos tubos até a emergência dos adultos. Foram avaliados diariamente: duração e viabilidade do período embrionário, larval e pupal, com esses dados foi calculado a duração e viabilidade do período ovo-adulto. Após a emergência, foi identificado o sexo dos adultos provenientes dos estágios imaturos, mediante a observação da região ventral do último segmento abdominal (Vogt *et al.*, 1998), formando entre 3 a 10 casais para cada temperatura avaliada. Estes casais foram

acondicionados em gaiolas de PVC com diâmetro de 15 cm × 21 cm de altura, mantidos da mesma forma como descrito anteriormente.

Os parâmetros avaliados foram: razão sexual, período de pré-oviposição, período de oviposição, fecundidade, fertilidade e longevidade de machos e fêmeas. Para calcular a fecundidade, diária, foi contado o número de ovos por fêmea diariamente, e, para calcular a fertilidade, foram coletados 100 ovos aleatoriamente a partir da segunda postura em cada temperatura, os quais foram individualizados em placa Elisa® e contado o número de larvas eclodidas.

3.2.3. Análise estatística

No desdobramento da interação proveniente do esquema fatorial, a duração média (em dias) de cada fase do desenvolvimento e o período total ovo-adulto das espécies de crisopídeos foram comparadas em cada uma das temperaturas, assim como, o efeito da temperatura em cada espécie. As comparações múltiplas foram realizadas por meio do teste Tukey, considerando um nível de significância de 5%. Modelos lineares generalizados do tipo binomial (McCullagh e Nelder, 1989) foram ajustados aos dados de viabilidade de ovos, larvas, pupas e ciclo total ovo-adulto. Foram incluídos nos preditores lineares os efeitos de espécies, efeito quadrático de temperatura e interação entre espécie e temperatura. A significância dos efeitos foi avaliada por meio de análise de *deviance*.

Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico “R”, versão 3.1.2 (R Development Core Team, 2017).

3.2.3.1. Estimativa dos parâmetros demográficos

Os parâmetros demográficos da tabela de vida foram estimados para cada espécie nas diferentes temperaturas baseados nos dados de duração e viabilidade dos estágios imaturos, razão sexual, período de pré-oviposição, fecundidade e fertilidade das fêmeas, e as longevidades de machos e fêmeas. A tabela de vida foi elaborada com base nos dados de todos os indivíduos testados (incluindo as fêmeas, os machos e os indivíduos que morreram durante o desenvolvimento do estágio imaturo) (Chi, 1988). Os dados originais de todos os indivíduos foram analisados utilizando o programa TWOSEXMSChart

(<http://140.120.197.173/ecology/Download/TWOSEX-MSChart.rar>) (Chi e Liu, 1985; Chi, 2014). Para cada espécie foram estimados:

a taxa líquida de reprodução (R_o)

(1)

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

a taxa intrínseca de crescimento (rm)

(2)

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$$

o tempo médio entre gerações (T)

(3)

$$T = \ln R_o / r$$

e a razão finita de aumento (λ)

(4)

$$\lambda = e^r$$

A taxa intrínseca de crescimento foi estimada pela fórmula de Euler-Lotka (Goodman, 1982). As médias e os erros padrões de cada parâmetro demográfico foram estimados pelo método de Bootstrap (Huang e Chi, 2012). Durante o procedimento de Bootstrap, os dados de cada parâmetro biológico e demográfico analisados foram reamostrados 80.000 vezes. As médias foram comparadas pelo teste de Bootstrap pareado com base no intervalo de confiança (Efron e Tihshirani, 1993).

3.3. Resultados

3.3.1. Desenvolvimento de quatro espécies de crisopídeos em sete temperaturas constantes

Verificaram-se diferenças significativas na duração do desenvolvimento embrionário entre as espécies de crisopídeos em cada temperatura estudada (18 °C: $F_{(3, 940)} = 468,89$; $p < 0,0001$; 20 °C: $F_{(3, 940)} = 88,068$; $p < 0,0001$; 22 °C: $F_{(3, 940)} = 53,130$; $p < 0,0001$; 25 °C: $F_{(3, 940)} = 40,282$; $p < 0,0001$; 28 °C: $F_{(3, 940)} = 6,423$; $p = 0,0003$; 30 °C: $F_{(3, 940)} = 26,858$; $p < 0,0001$; 32 °C: $F_{(3, 940)} = 37,563$; $p < 0,0001$). Nas temperaturas de 18, 22, 25, 28, 30 e 32 °C a espécie

Ch. externa foi a que teve a menor duração, exceto na temperatura de 20 °C onde a espécie *Ce. cincta* teve o desenvolvimento mais rápido (Tabela 1). Para cada espécie, a fase embrionária foi significativamente afetada pela temperatura (*Ce. cincta*: $F_{(6, 940)} = 958,2$; $p < 0,0001$; *Ce. cubana*: $F_{(6, 940)} = 2000,1$; $p < 0,0001$; *Ce. paraguaria*: $F_{(6, 940)} = 1655,1$; $p < 0,0001$; *Ch. externa*: $F_{(6, 940)} = 1133,5$; $p < 0,0001$). O tempo de desenvolvimento foi inversamente proporcional ao aumento da temperatura para todas as espécies, observando-se uma estabilização a partir de 28 °C para as espécies do gênero *Ceraeochrysa* e a partir de 30 °C para *C. externa* (Tabela 1).

Tabela 1. Duração, em dias, da fase embrionária das espécies *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria* e *Chrysoperla externa* mantidas sob diferentes temperaturas constantes, UR de 70±10% e fotofase de 14 h.

Temperatura (°C)	Duração (dias)			
	<i>Ce. cincta</i>	<i>Ce. cubana</i>	<i>Ce. paraguaria</i>	<i>Ch. externa</i>
18	10,53 ± 0,09 A ¹ c ²	13,36 ± 0,16 Aa	12,11 ± 0,05 Ab	9,50 ± 0,11 Ad
20	7,29 ± 0,10 Bc	8,68 ± 0,08 Ba	8,94 ± 0,06 Ba	8,22 ± 0,17 Bb
22	6,37 ± 0,08 Cb	6,97 ± 0,03 Ca	7,03 ± 0,03 Ca	5,84 ± 0,10 Cc
25	4,69 ± 0,08 Db	5,00 ± 0,00 Da	5,00 ± 0,00 Da	3,97 ± 0,03 Dc
28	4,00 ± 0,00 Ea	4,00 ± 0,00 Ea	4,07 ± 0,05 Ea	3,63 ± 0,08 Eb
30	4,25 ± 0,08 Ea	3,78 ± 0,07 Eb	3,94 ± 0,04 Eb	3,26 ± 0,08 Fc
32	4,03 ± 0,06 E a	3,89 ± 0,09 Ea	3,84 ± 0,06 Ea	3,00 ± 0,00 Fb

¹Dados (média ± EP) seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, não diferem estatisticamente (teste de Tukey, $P < 0,05$)

²Dados (média ± EP) seguidas pela mesma letra minúscula, nas linhas, não diferem estatisticamente (teste de Tukey, $P < 0,05$)

Analisando a duração da fase larval entre as espécies, observou-se diferenças significativas para cada temperatura (18 °C: $F_{(3, 705)} = 255,02$; $p < 0,0001$; 20 °C: $F_{(3, 705)} = 45,73$; $p < 0,0001$; 22 °C: $F_{(3, 705)} = 32,66$; $p < 0,0001$; 25 °C: $F_{(3, 705)} = 20,05$; $p = 0,0001$; 28 °C: $F_{(3, 705)} = 13,56$; $p < 0,0001$; 30 °C: $F_{(3, 705)} = 12,28$; $p = 0,003$; 32 °C: $F_{(3, 705)} = 13,76$; $p = 0,001$). Destacou-se *Ch. externa* por ter a duração mais curta em comparação as outras espécies. Porém, nas temperaturas mais frias (18 e 20 °C) a espécie *Ce. cincta* teve desenvolvimento mais rápido seguido de *Ch. externa*, nessas condições as demais espécies tiveram uma duração larval mais longa (Tabela 2).

Em relação ao efeito da temperatura em cada espécie, diferenças significativas foram observadas (*Ce. cincta*: $F_{(6, 705)} = 219,8$; $p < 0,0001$; *Ce. cubana*: $F_{(6, 705)} = 486,9$; $p < 0,0001$; *Ce. paraguaria*: $F_{(6, 705)} = 587,0$; $p < 0,0001$; *Ch. externa*: $F_{(6, 705)} = 168,7$; $p < 0,0001$). Todas as espécies conseguiram se desenvolver na faixa térmica de 18 até 32 °C, observando-se uma

estabilização a partir de 28 °C para *Ce. cincta*, *Ce. cubana* e *Ch. externa* e para a espécie *Ce. paraguaria* a partir da temperatura 25 °C (Tabela 2).

Tabela 2. Duração, em dias, da fase larval das espécies *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria* e *Chrysoperla externa* mantidas sob mantidos sob diferentes temperaturas constantes, UR de 70±10% e fotofase de 14 h.

Temperatura (°C)	Duração (dias)			
	<i>Ce. cincta</i>	<i>Ce. cubana</i>	<i>Ce. paraguaria</i>	<i>Ch. externa</i>
18	25,03 ± 0,44 A ¹ c ²	30,56 ± 0,58 Ab	35,37 ± 1,30 Aa	21,21 ± 0,43 Ad
20	18,43 ± 0,13 Bb	20,03 ± 0,14 Ba	21,13 ± 0,38 Ba	15,27 ± 0,40 Bc
22	16,47 ± 0,25 Ca	16,63 ± 0,21 Ca	17,52 ± 0,16 Ca	12,82 ± 0,15 Cb
25	13,00 ± 0,36 Da	11,17 ± 0,13 Db	11,76 ± 0,17 Dab	9,29 ± 0,10 Dc
28	10,52 ± 0,19 Eab	9,90 ± 0,10 DEb	11,65 ± 0,91 Da	8,26 ± 0,11 DEc
30	9,82 ± 0,27 Ea	9,24 ± 0,13 Ea	10,37 ± 0,33 Da	7,22 ± 0,11Eb
32	10,25 ± 0,25 Ea	9,08 ± 0,08 Ea	10,24 ± 0,12 Da	6,97 ± 0,11 Eb

¹Dados (média ± EP) seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, não diferem estatisticamente (teste de Tukey, $P < 0,05$)

²Dados (média ± EP) seguidas pela mesma letra minúscula, nas linhas, não diferem estatisticamente (teste de Tukey, $P < 0,05$)

Na fase de pupa houve diferenças na duração entre as espécies de crisopídeos nas temperaturas estudadas (18 °C: $F_{(3, 596)}=177,35$; $p<0,0001$; 20 °C: $F_{(3, 596)}=306,51$; $p<0,0001$; 22 °C: $F_{(3, 596)}=157,65$; $p<0,0001$; 25 °C: $F_{(3, 596)}=47,92$; $p<0,0001$; 28 °C: $F_{(3, 596)}=31,92$; $p<0,0001$; 30 °C: $F_{(3, 596)}=25,77$; $p<0,0001$; 32 °C: $F_{(3, 596)}=14,46$; $p<0,0001$). A espécie *Ch. externa*, assim como na fase embrionária e larval, destacou-se por ter o menor tempo de desenvolvimento em comparação com as demais espécies. Dentre o gênero *Ceraeochrysa*, houve variações no desenvolvimento até a temperatura de 25 °C, no entanto, depois desse ponto, o desenvolvimento foi semelhante para as espécies estudadas (Tabela 3). Avaliando o efeito da temperatura para cada espécie, observou-se uma redução do tempo desenvolvimento com o aumento da temperatura (*Ce. cincta*: $F_{(6, 596)}= 877,0$; $p<0,0001$; *Ce. cubana*: $F_{(6, 596)}= 1074,0$; $p<0,0001$; *Ce. paraguaria*: $F_{(6, 596)}= 670,0$; $p<0,0001$; *Ch. externa*: $F_{(6, 596)}= 551,3$; $p<0,0001$). A partir da temperatura de 30 °C, houve estabilização no tempo de desenvolvimento, não diferindo estatisticamente para todas as espécies (Tabela 3).

Tabela 3. Duração, em dias, da fase pupal das espécies *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria* e *Chrysoperla externa* mantidas sob diferentes temperaturas constantes, UR de 70±10% e fotofase de 14 h.

Temperatura °C	Duração (dias)			
	<i>Ce. cincta</i>	<i>Ce. cubana</i>	<i>Ce. paraguaria</i>	<i>Ch. externa</i>
18	25,65 ± 0,17 A1b2	28,80 ± 0,86 Aa	25,36 ± 0,29 Ab	19,95 ± 0,30 Ac
20	20,75 ± 0,15 Bb	23,85 ± 0,26 Ba	19,67 ± 0,31 Bc	15,50 ± 0,15 Bd
22	17,18 ± 0,21 Cb	19,04 ± 0,54 Ca	16,82 ± 0,20 Cb	13,36 ± 0,09 Cc
25	11,73 ± 0,12 Dab	11,88 ± 0,12 Da	11,09 ± 0,09 Db	9,15 ± 0,07 Dc
28	10,61 ± 0,14 Ea	10,00 ± 0,09 Ea	10,00 ± 0,30 Ea	8,21 ± 0,14 Eb
30	9,67 ± 0,16 Fa	8,94 ± 0,19 Fa	8,91 ± 0,06 Fa	7,05 ± 0,05 Fb
32	9,25 ± 0,25 Fa	8,55 ± 0,15 Fa	9,00 ± 0,10 EFa	7,21 ± 0,08 Fb

¹Dados (média ± EP) seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, não diferem estatisticamente (teste de Tukey, $P < 0,05$)

²Dados (média ± EP) seguidas pela mesma letra minúscula, nas linhas, não diferem estatisticamente (teste de Tukey, $P < 0,05$)

As análises demonstraram que o período ovo-adulto entre as espécies de crisopídeos foram significativamente diferentes nas temperaturas estudadas (18 °C: $F_{(3, 595)} = 468,77$; $p < 0,0001$; 20 °C: $F_{(3, 595)} = 284,58$; $p < 0,0001$; 22 °C: $F_{(3, 595)} = 204,69$; $p < 0,0001$; 25 °C: $F_{(3, 595)} = 92,30$; $p < 0,0001$; 28 °C: $F_{(3, 595)} = 52,78$; $p < 0,0001$; 30 °C: $F_{(3, 595)} = 55,86$; $p < 0,0001$; 32 °C: $F_{(3, 595)} = 47,73$; $p < 0,0001$). Entre as espécies avaliadas, *Ch. externa* atingiu a fase adulta muito mais rápido do que as demais espécies. Porém, na faixa térmica de 18 a 22 °C, o desenvolvimento ovo-adulto para a espécie *Ce. cincta*, além de *Ch. externa*, foi mais rápido, em comparação, com as demais espécies de *Ceraeochrysa* (Tabela 4). A partir da temperatura de 25 °C, *Ch. externa* foi a única espécie com menor duração do ciclo total, e para as demais houve diferenças somente para algumas espécies e em algumas temperaturas (Tabela 4).

Em relação ao efeito das temperaturas, observou-se diferenças para cada espécie (*Ce. cincta*: $F_{(6, 595)} = 1463$; $p < 0,0001$; *Ce. cubana*: $F_{(6, 595)} = 1638$; $p < 0,0001$; *Ce. paraguaria*: $F_{(6, 595)} = 1738$; $p < 0,0001$; *Ch. externa*: $F_{(6, 595)} = 1183$; $p < 0,0001$). Houve uma redução na duração no período imaturo com o aumento da temperatura, observando-se uma estabilização a partir de 30 °C para *Ce. cubana*, *Ce. paraguaria* e *Ch. externa*, enquanto que, para *Ce. cincta* essa estabilização ocorreu a partir de 28 °C (Tabela 4).

Tabela 4. Duração do período ovo-adulto das espécies *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria* e *Chrysoperla externa* mantidas sob diferentes temperaturas constantes, UR de 70±10% e fotofase de 14 h.

Temperatura °C	Duração (dias)			
	<i>Ce. cincta</i>	<i>Ce. cubana</i>	<i>Ce. paraguaria</i>	<i>Ch. externa</i>
18	60,77 ± 0,42 A ¹ b ²	71,60 ± 1,21 Aa	72,00 ± 1,57 Aa	50,79 ± 0,42 Ac
20	46,39 ± 0,19 Bc	52,48 ± 0,33 Ba	49,19 ± 0,48 Bb	38,52 ± 0,43 Bd
22	39,79 ± 0,33 Cb	42,49 ± 0,55 Ca	41,35 ± 0,24 Ca	31,86 ± 0,24 Cc
25	29,32 ± 0,43 Da	28,04 ± 0,14 Dab	27,77 ± 0,21 Db	22,41 ± 0,11 Dc
28	25,00 ± 0,25 Eab	23,86 ± 0,08 Eb	25,62 ± 1,05 Ea	20,03 ± 0,22 Ec
30	23,47 ± 0,22 Ea	21,90 ± 0,10 Fb	23,00 ± 0,27 Fab	17,27 ± 0,10 Fc
32	23,50 ± 0,29 Ea	21,30 ± 0,18 Fa	22,93 ± 0,16 Fa	17,14 ± 0,08 Fb

¹Dados (média ± EP) seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, não diferem estatisticamente (teste de Tukey, $P < 0,05$)

²Dados (média ± EP) seguidas pela mesma letra minúscula, nas linhas, não diferem estatisticamente (teste de Tukey, $P < 0,05$)

Para a viabilidade da fase de ovo a interação de temperatura por espécie não foi significativa (deviance = 5,30; g.l. = 3; $p = 0,1509$). Também, não foram observadas diferenças significativas no efeito de espécie (deviance = 3,91; g.l. = 3; $p = 0,2711$) e no efeito de temperatura (deviance = 1,29; g.l. = 1; $p = 0,2556$). Todas as espécies tiveram um comportamento linear, com viabilidade em torno de 90% (Figura 1).

Figura 1. Viabilidade (%) da fase de ovo de *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria* e *Chrysoperla externa* mantidas sob diferentes temperaturas constantes, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h.

Em relação à fase larval, foi observado uma interação significativa entre temperatura por espécie (deviance = 40,36; g.l. = 6; $p < 0,0001$). O efeito da temperatura foi diferente para cada espécie, assim, *Ce. paraguaria* e *Ce. cubana* tiveram um comportamento ligeiramente linear onde a viabilidade virou em torno de 70 e 80%, respectivamente. Para as espécies *Ce. cincta* e *Ch. externa* observou-se um comportamento diferente ao longo da temperatura, atingindo altas viabilidades de 89,7 e 87,1% nas temperaturas de 22,5 e 26,1 °C, respectivamente (Figura 2).

Figura 2. Viabilidade (%) da fase larval de *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria* e *Chrysoperla externa* mantidas sob diferentes temperaturas constantes, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h.

Na fase pupal dos crisopídeos avaliados, a interação de temperatura por espécie foi não significativa (deviance = 10,62; g.l. = 6; $p = 0,1008$). Porém, o efeito de espécie (deviance = 51,71; g.l. = 3; $p < 0,0001$) e temperatura (deviance = 38,10; g.l. = 2; $p < 0,0001$) foram significativos. As espécies *Ce. cincta* e *Ch. externa* tiveram um leve comportamento linear ao longo da temperatura virando em torno de 80 e 99% de viabilidade, respectivamente. Para as espécies *Ce. paraguaria* e *Ce. cubana*, observou-se viabilidades diferentes ao longo da temperatura atingindo máximas de 86,4 e 91,6% nas temperaturas de 25,9 e 26,5 °C (Figura 3).

Figura 3. Viabilidade (%) da fase pupal de *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria* e *Chrysoperla externa* mantidas sob diferentes temperaturas constantes, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h.

Nas viabilidades do período ovo-adulto das espécies, o efeito da interação entre temperatura e espécie foi significativo (deviance = 44,92; g.l. = 6; $p < 0,0001$). As maiores viabilidades foram registradas nas temperaturas de 22,9; 26,3; 25,4 e 26,0 °C associadas às viabilidades de 73,9; 73,1; 48,9 e 76,0% para *Ce. cincta*, *Ce. cubana*, *Ce. paraguaria* e *Ch. externa*, respectivamente (Figura 4).

Figura 4. Viabilidade (%) do período ovo-adulto de *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria* e *Chrysoperla externa* mantidas sob diferentes temperaturas constantes, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h.

As análises demonstraram que as variáveis biológicas dos adultos foram altamente influenciadas pela temperatura. Na temperatura de 18 °C não foi possível analisar os parâmetros para as espécies *Ce. cincta* e *Ce. cubana* e na temperatura de 32 °C para as espécies *Ce. cincta*, *Ce. cubana* e *Ce. paraguaria* devido à mortalidade nos estágios imaturos e o baixo número de repetições de casais nessas temperaturas extremas (Tabela 5).

Na razão sexual, foi verificado que a espécie *Ce. cincta* teve maior proporção de fêmeas na temperatura de 25 °C. Enquanto que, para *Ce. cubana* foi a faixa térmica de 20 a 28 °C e para *Ce. paraguaria* foi entre 25 e 30 °C. Já para a espécie *Ch. externa*, nas temperaturas de 20 e 22 °C, emergiu maior número de fêmeas do que nas temperaturas de 25 e 28 °C (Tabela 5).

Os períodos de pré-oviposição e oviposição foram significativamente afetados pela temperatura, observando-se uma tendência de diminuição da duração com o aumento térmico para as quatro espécies. Porém, foi verificado para *Ce. cubana* que a partir da temperatura de 30 °C houve um alongamento da duração do período de pré-oviposição (Tabela 5).

Em relação à fecundidade, as análises demonstraram que para as espécies *Ce. cincta* e *Ce. paraguaria* o máximo de oviposição foi atingido nas temperaturas de 22 e 25 °C. Para a espécie *Ce. cubana* foi a faixa térmica entre 22 e 28 °C e para *Ce. externa* a ótima temperatura foi a 28 °C (Tabela 5).

Quando se analisou a fertilidade, as espécies *Ce. cincta* e *Ce. cubana* tiveram maior fertilidade na temperatura de 25 °C. Para *Ce. paraguaria* a fertilidade foi maior na faixa térmica de 20 a 25 °C e para *Ce. externa* na faixa mais ampla, de 20 a 30 °C (Tabela 5).

Em relação as longevidades de machos e fêmeas, observaram-se que todas as espécies foram mais longevas nas temperaturas mais baixas do que nas temperaturas mais elevadas. (Tabela 5).

Tabela 5. Razão sexual, período de pré-oviposição, período de oviposição, fecundidade, fertilidade, longevidade de fêmeas e machos de *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria* e *Chrysoperla externa* mantidos sob temperatura constante de 18, 20, 22, 25, 28, 30 e 32 °C; UR de 70±10%, fotofase de 14 h.

Espécie	Temperatura (°C)	Razão sexual (♀/♀+♂)	Período de pré-oviposição (dias)	Período de Oviposição (dias)	Fecundidade total fêmea ⁻¹	Fertilidade (%)	Longevidade (dias)	
							Fêmea	Macho
<i>Ce. cincta</i>	18	-	-	-	-	-	-	-
	20	0,61 ± 0,04 b	19,1 ± 1,75 a	65,7 ± 1,88 a	125,9 ± 13,62 b	76,0 ± 4,29 b	156,6 ± 13,62 a	156,5 ± 13,60 a
	22	0,41 ± 0,05 c	16,8 ± 2,84 ab	55,8 ± 2,86 b	242,9 ± 54,64 a	54,0 ± 5,01 c	128,6 ± 8,21 b	138,4 ± 3,49 a
	25	0,71 ± 0,03 a	14,5 ± 1,16 b	42,7 ± 1,40 c	374,0 ± 96,14 a	88,0 ± 3,27 a	93,0 ± 20,32 c	95,0 ± 15,27 b
	28	0,43 ± 0,04 c	13,4 ± 1,97 bc	37,7 ± 1,88 cd	111,7 ± 27,15 b	78,0 ± 4,16 b	79,4 ± 11,79 c	75,9 ± 11,40 b
	30	0,33 ± 0,05 d	11,5 ± 0,49 c	35,0 ± 0,99 d	65,2 ± 13,22 c	46,2 ± 3,77 c	76,0 ± 8,75 c	71,2 ± 10,69 b
	32	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ce. cubana</i>	18	-	-	-	-	-	-	-
	20	0,56 ± 0,06 ab	15,5 ± 4,15 a	67,8 ± 4,35 a	21,6 ± 5,98 b	69,0 ± 3,67 c	129,5 ± 10,72 a	128,8 ± 17,30 a
	22	0,65 ± 0,03 a	7,6 ± 1,13 b	49,1 ± 1,06 b	363,1 ± 82,69 a	87,0 ± 3,38 b	113,1 ± 13,35 a	159,9 ± 16,29 a
	25	0,45 ± 0,07 b	7,7 ± 0,49 b	35,7 ± 0,49 c	453,5 ± 32,85 a	98,0 ± 1,41 a	65,7 ± 3,69 b	83,3 ± 16,94 b
	28	0,40 ± 0,02 b	6,5 ± 0,41 b	30,5 ± 1,41 d	515,0 ± 74,54 a	91,0 ± 2,88 b	66,8 ± 6,73 b	73,5 ± 12,56 b
	30	0,30 ± 0,03 c	11,0 ± 0,84 a	33,0 ± 1,13 cd	39,2 ± 11,38 b	41,0 ± 4,94 d	62,7 ± 6,50 b	89,7 ± 6,70 b
	32	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ce. paraguaria</i>	18	0,36 ± 0,03 b	13,0 ± 5,73 a	86,2 ± 5,86 a	51,0 ± 5,53 c	53,0 ± 5,02 b	127,5 ± 13,91 ab	134,5 ± 4,10 a
	20	0,33 ± 0,05 b	10,4 ± 2,13 a	60,4 ± 2,68 b	310,8 ± 26,35 b	82,0 ± 3,86 a	134,0 ± 10,94 a	128,8 ± 17,30 ab
	22	0,41 ± 0,03 b	7,0 ± 0,63 ab	48,8 ± 0,37 c	799,2 ± 77,28 a	83,0 ± 3,78 a	143,6 ± 5,71 a	119,2 ± 2,14 b
	25	0,50 ± 0,06 a	6,4 ± 1,29 b	34,1 ± 0,40 d	732,3 ± 42,26 a	81,0 ± 3,94 a	102,3 ± 12,81 b	115,1 ± 11,34 b
	28	0,58 ± 0,04 a	7,6 ± 0,92 ab	31,6 ± 0,81 e	30,0 ± 12,14 c	58,7 ± 4,21 b	62,8 ± 4,47 c	77,2 ± 11,39 c
	30	0,57 ± 0,07 a	6,9 ± 1,39 b	29,7 ± 1,43 e	12,0 ± 2,86 d	54,8 ± 6,01 b	43,0 ± 3,67 d	45,3 ± 2,15 d
	32	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ch. externa</i>	18	0,47 ± 0,05 ab	12,2 ± 1,47 b	63,2 ± 2,27 a	225,8 ± 6,53 b	65,0 ± 4,79 b	134,7 ± 15,63 a	147,8 ± 17,07 a
	20	0,52 ± 0,07 a	19,1 ± 2,80 a	57,0 ± 2,81 a	292,1 ± 36,23 b	88,0 ± 3,27 a	118,1 ± 12,11 a	91,4 ± 16,52 b
	22	0,57 ± 0,06 a	6,5 ± 1,19 bc	38,1 ± 1,46 b	383,1 ± 28,59 b	93,0 ± 2,56 a	98,8 ± 8,57 b	95,0 ± 15,27 b
	25	0,38 ± 0,05 b	7,8 ± 1,76 b	30,0 ± 1,67 c	326,4 ± 98,83 b	91,0 ± 2,88 a	84,0 ± 13,25 b	47,2 ± 8,51 c
	28	0,41 ± 0,04 b	5,5 ± 1,31 c	25,0 ± 1,39 d	496,9 ± 58,47 a	89,0 ± 3,14 a	94,6 ± 8,77 b	82,1 ± 9,52 b
	30	0,45 ± 0,08 ab	4,6 ± 2,07 c	21,8 ± 1,92 d	264,4 ± 18,78 b	87,0 ± 3,38 a	50,2 ± 16,47 c	80,6 ± 13,39 b
	32	0,48 ± 0,08 ab	6,9 ± 1,13 c	23,9 ± 1,24 d	22,0 ± 10,00 c	48,2 ± 2,33 c	39,1 ± 2,93 c	39,8 ± 2,77 c

Dados (média ± EP) seguidos pela mesma letra nas colunas e espécie não diferem estatisticamente pelo teste bootstrap pareado ($P < 0,05$)

3.3.1. Tabela de vida

Os parâmetros demográficos estimados na tabela de vida demonstraram que a taxa líquida de reprodução (R_0) para a espécie *Ce. cincta* foi significativamente mais alto na faixa térmica de 22 a 28 °C. Para a espécie *Ce. paraguaria* o maior R_0 foi registrado nas temperaturas de 22 a 25 °C. No entanto, para *Ce. cubana* o aumento da população foi observado somente na temperatura de 28 °C e em *Ch. externa* nas temperaturas de 22 a 28 °C (Tabela 6).

O tempo médio de geração (T) foi significativamente afetado pela temperatura. Todas as espécies tiveram uma diminuição da duração com o aumento da temperatura, porém, foi observado um alongamento do período para as espécies *Ce. cincta* e *Ce. externa* a partir da temperatura de 30 °C (Tabela 6).

A espécie *Ce. cincta* teve a maior taxa intrínseca de crescimento (r_m) e taxa finita de aumento (λ) verificado na faixa térmica de 22 a 28 °C. Para a espécie *Ce. cubana* foi observado essa maior taxa na temperatura de 28 °C e para *Ce. paraguaria* nas temperaturas de 22 e 25 °C. *Ch. externa* teve a maior taxa r_m na faixa de 25 a 28 °C e para λ na faixa de 25 a 30 °C (Tabela 6).

Tabela 6. Estimativa dos parâmetros demográficos de *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguaria* e *Chrysoperla externa* mantidas sob temperatura constante de 18, 20, 22, 25, 28, 30 e 32 °C; UR de 70±10%, fotofase de 14 h.

Espécie	T (°C)	Parâmetros demográficos			
		1R_0	2T (dias)	3r_m	$^4\lambda$
<i>Ce. cincta</i>	18	-	-	-	-
	20	40,0 ± 15,56b	81,4 ± 3,75 a	0,045 ± 0,0061 b	1,046 ± 0,0064 b
	22	81,0 ± 19,03 a	70,0 ± 1,66 b	0,063 ± 0,0063 a	1,065 ± 0,0067 a
	25	71,2 ± 14,91 a	56,8 ± 4,59 c	0,075 ± 0,0138 a	1,078 ± 0,0147 a
	28	48,9 ± 17,68 ab	42,5 ± 1,39 d	0,092 ± 0,0106 a	1,096 ± 0,0115 a
	30	10,9 ± 5,20 b	49,2 ± 3,09 c	0,048 ± 0,0114 b	1,050 ± 0,0119 b
	32	-	-	-	-
<i>Ce. cubana</i>	18	-	-	-	-
	20	8,0 ± 2,29c	76,9 ± 3,01 a	0,027 ± 0,0055 c	1,027 ± 0,0056 c
	22	107,1 ± 37,02 b	56,1 ± 1,52 b	0,069 ± 0,0090b	1,071 ± 0,0071 b
	25	113,4 ± 30,91 b	53,8 ± 1,36 b	0,088 ± 0,0093 b	1,092 ± 0,0102 b
	28	242,4 ± 60,75 a	40,5 ± 0,73 c	0,136 ± 0,0082 a	1,145 ± 0,0094 a
	30	13,8 ± 5,83 c	39,9 ± 1,69 c	0,066 ± 0,0032 c	1,068 ± 0,0039 c
	32	-	-	-	-
<i>Ce. paraguaria</i>	18	6,8 ± 3,60 c	96,8 ± 6,31 a	0,020 ± 0,0075 c	1,020 ± 0,0076 c
	20	64,8 ± 9,50 b	74,5 ± 2,26 b	0,056 ± 0,0086 b	1,058 ± 0,0090 b
	22	148,0 ± 30,49 a	65,1 ± 1,23 c	0,077 ± 0,0082 a	1,080 ± 0,0102 a
	25	183,1 ± 28,31 a	48,5 ± 1,06 d	0,107 ± 0,0196 a	1,113 ± 0,0105 a
	28	6,8 ± 3,63 c	41,8 ± 1,58 e	0,045 ± 0,0165 c	1,047 ± 0,0170 c
	30	3,9 ± 1,37 c	33,9 ± 1,66 f	0,040 ± 0,0122 c	1,040 ± 0,0126 c
	32	-	-	-	-
<i>Ch. externa</i>	18	45,2 ± 15,23 d	87,6 ± 3,64 a	0,044 ± 0,0163 d	1,045 ± 0,0166 d
	20	73,0 ± 8,45 c	84,0 ± 4,10 a	0,051 ± 0,0066 c	1,052 ± 0,0069 c
	22	122,6 ± 22,68 b	52,6 ± 1,21 b	0,091 ± 0,0107 b	1,096 ± 0,0116 b
	25	136,0 ± 59,31 ab	39,9 ± 2,44 c	0,123 ± 0,0145 a	1,131 ± 0,0163 a
	28	189,3 ± 17,58 a	36,3 ± 0,94 d	0,144 ± 0,0145 a	1,155 ± 0,0166 a
	30	60,1 ± 25,52 b	41,3 ± 3,35 c	0,099 ± 0,0083 b	1,104 ± 0,0424 a
	32	10,3 ± 10,01 d	43,2 ± 1,09 c	0,054 ± 0,0017cd	1,055 ± 0,0026cd

Dados (média ± EP) seguidos pela mesma letra nas colunas e espécie não diferem estatisticamente pelo teste bootstrap pareado ($P < 0,05$); 1R_0 = Taxa líquida de reprodução (fêmea fêmea⁻¹); 2T = Tempo médio entre geração (dias); 3r_m = Taxa intrínseca de aumento (fêmea fêmea⁻¹ dia⁻¹) e $^4\lambda$ = Taxa finita de aumento (fêmea fêmea⁻¹ dia⁻¹).

3.4. Discussão

Aspectos biológicos comparativos e parâmetros demográficos mediante tabela de vida de fertilidade de quatro espécies de crisopídeos em sete temperaturas constantes foram avaliados. Os resultados indicaram interação entre temperatura e espécie nas durações dos estágios de desenvolvimento e no período ovo-adulto. Neste aspecto, resultados semelhantes foram encontrados para as mesmas espécies de crisopídeos, assim como outras, onde observou-se que a duração de desenvolvimento de ovo até fase adulta foram inversamente

proporcional com aumento da temperatura (López-Arroyo *et al.*, 1999a; Oliveira *et al.*, 2010; Bezerra *et al.*, 2012; Pappas *et al.*, 2013). Neste estudo, para as quatro espécies de crisopídeos, quando alimentadas com ovos de *A. kuehniella*, houve estabilização de seu desenvolvimento nas temperaturas elevadas sem incrementar sua duração, sendo a faixa térmica de 18 a 32 °C favoráveis para seu desenvolvimento.

As diferenças interespecíficas nas durações das fases de ovo, larva, pupa e período ovo-adulto observadas em cada temperatura, podem estar relacionadas a características inerentes de cada espécie (Tapajós *et al.*, 2016). Claramente, foi notado o rápido desenvolvimento de *Ch. externa* em relação as espécies de *Ceraeochrysa*, as quais, tiveram um desenvolvimento mais lento e com durações muito próximas entre elas. Resultados semelhantes foram obtidos para os gêneros de espécies lixeiras e não-lixeriras, onde foi observado tal comportamento (Núñez, 1988; López-Arroyo *et al.*, 1999a; Haruyama *et al.*, 2012). Por outro lado, Silva *et al.* (2007) menciona que o rápido crescimento de *Ch. externa* pode ser devido a sua associação com culturas de rápido crescimento, como pastagens.

Estudos prévios indicaram que o rápido desenvolvimento, alta voracidade e sobrevivência de *Chrysoperla* spp. pode ser um mecanismo de defesa contra inimigos naturais, especialmente, na fase larval caracterizada por ser muito ativa e por não apresentar o hábito de carregar restos de presas ou detritos no seu dorso (Nakahira e Arakawa, 2006). Desse modo, espécies não-lixeriras, têm a vantagem de gastar 100% do seu tempo predando outros insetos. Contudo, o crescimento lento das espécies lixeiras, como por exemplo *Ceraeochrysa* spp, pode ser devido ao hábito de construir o pacote de lixo no seu dorso, permitindo-se camuflar e passar despercebidas dos demais insetos, esta atividade requer de certo gasto de energia que, às vezes, poderia interferir no seu tempo de desenvolvimento (Eisner *et al.*, 2002; Mantoanelli e Albuquerque, 2007; Pappas, 2011; Albuquerque *et al.*, 2012; Tauber *et al.*, 2014). Neste estudo, foi observado o hábito de carregar lixo nas três espécies do gênero *Ceraeochrysa*, porém, estudos comportamentais das larvas (tempo de construção do pacote de lixo, mobilidade e imobilidade larval) não foram examinados. A espécie *Ch. externa*, não apresentou esse hábito larval.

Cabe salientar que, apesar das características próprias de cada espécie, também o tipo e qualidade do alimento ingerido pode influenciar o tempo de desenvolvimento dos predadores (López-Arroyo *et al.*, 1999b; Pappas *et al.*, 2007; Tapajós *et al.*, 2016). Além disso, a origem geográfica, o habitat das espécies em estudo, pode estar associado a diferenças nos aspectos biológicos (Albuquerque *et al.*, 1994; Albuquerque *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2010).

A temperatura, além de influenciar o tempo de desenvolvimento dos crisopídeos, também afetou as viabilidades. Na fase de ovo foram observadas altas viabilidades nas sete temperaturas testadas, porém, a partir do período larval foram verificadas diferenças entre as espécies. A espécie *Ce. cincta* demonstrou sensibilidade a altas temperaturas tanto na fase larval como no ciclo total ovo-adulto. Por outro lado, foi observado para esta espécie, altas viabilidades e rápido desenvolvimento nas temperaturas mais frias. No entanto, a espécie *Ce. cubana* a maior mortalidade foi registrada nas temperaturas baixas, sendo a fase pupal e o ciclo total ovo-adulto muito sensíveis. Tais observações estão de acordo com López-Arroyo *et al.* (1999a).

Para *Ce. paraguaria*, a viabilidade da fase embrionária, larval e pupal manteve-se ligeiramente alta nas sete temperaturas constantes, porém, foi notado que a emergência foi influenciada pela temperatura, consequentemente, houve uma baixa viabilidade no ciclo total em relação as demais espécies, resultados semelhantes foram encontrados por Pessoa *et al.* (2004). Para *Ch. externa*, as faixas térmicas entre 20 a 30 °C foram as melhores para sobrevivência da espécie, resultados similares foram encontrados por Bezerra *et al.* (2012) e Pappas *et al.* (2013).

Após a emergência, as proporções de fêmeas nas diferentes temperaturas, estavam de acordo com outros crisopídeos (Silva *et al.*, 2007; Pappas e Koveos, 2011; Pappas *et al.*, 2013). No entanto, só a espécie *Ce. cincta* destacou-se com uma razão sexual de 0,71 na temperatura de 25 °C, resultados semelhantes foram observados por Núñez (1988) obtendo valores de 30% de machos e 70% de fêmeas na mesma temperatura. Diante disso, pode-se inferir que essa temperatura favorece a emergência das fêmeas de *Ce. cincta*.

O período de pré-oviposição para a espécie *Ce. cincta* foi ligeiramente mais longo do que para as demais espécies estudadas. Períodos de pré-oviposição em crisopídeos têm relação com o tempo de dispersão, o que pode estar relacionado com a procura de ambientes favoráveis para seu estabelecimento (Duelli, 1980; López-Arroyo *et al.*, 1999a).

O período de oviposição e fecundidade foram semelhantes aos obtidos na literatura, demonstrando que as espécies neotropicais em estudo tem um grande potencial reprodutivo (López-Arroyo *et al.*, 1999b; Pappas *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2007; Pappas e Koveos, 2011; Bezerra *et al.*, 2012; Amarasekare e Shearer, 2013; Pappas *et al.*, 2013; Vasanthakumar e Babu, 2013). Segundo Gonzalez *et al.* (2016), maiores fecundidades podem melhorar a eficiência do controle biológico devido à obtenção de uma maior densidade de larvas e, consequentemente, maior taxa de predação.

Os resultados de fecundidade e fertilidade estão de acordo com os da literatura, em que, as faixas térmicas entre 20 a 30 °C foram mais favoráveis para seu desenvolvimento (Silva *et al.*, 2007; Pappas e Koveos, 2011; Bezerra *et al.*, 2012; Pappas *et al.*, 2013). Em relação a longevidade, foi observado uma longa duração quando comparado com outras espécies de crisopídeos (Silva *et al.*, 2007; Bezerra *et al.*, 2012). Isto pode indicar que embora os crisopídeos tenham temperaturas onde a fecundidade é melhor, elas podem sobreviver mais tempo e ovipositando até em condições não tão favoráveis de temperatura. Esta hipótese foi baseada nas ideias de Pappas e Koveos (2011), onde *Dichochrysa prasina* (Burmeister), devido a sua longa vida, poderia colocar ovos em condições de temperaturas extremas e assim aumentar sua população de modo que as larvas alimentem-se de restos de pulgões ou de presas alternativas.

Durante a oviposição foram registradas observações interessantes, espécies pertencentes ao *Ceraeochrysa* parecem colocar ovos de forma descontínua, ou seja, não colocam diariamente; ao contrário de *Ch. externa* que pareceu ter uma oviposição mais contínua. Esta ideia foi apoiada por estudos feitos por López-Arroyo *et al.* (1999c), os quais mencionam que a espécie *Ce. cincta* precisa de acasalamentos frequentes e periódicos para produção de ovos viáveis. Além disso, observou-se que a espécie *Ce. cubana* teve uma tendência a ovipositar na superfície da gaiola onde está o tecido voile, no entanto, as espécies *Ce. cincta* e *Ce. paraguaria* colocaram mais ovos no interior da gaiola revestido com papel sulfite; já a espécie *Ch. externa* não teve preferência, fazendo postura em qualquer parte da gaiola. Estas observações poderiam indicar possíveis preferências de oviposição das espécies, sejam na parte superior ou inferior das plantas, em condições de campo. Porém, pesquisas em relação a resposta de oviposição em condições de laboratório, semi-campo e campo precisam ser feitas para melhor manejo das espécies no agroecossistema (Kunkel e Cottrell, 2014; Koczor *et al.*, 2017).

A tabela de vida de fertilidade em diferentes temperaturas constitui uma ferramenta interessante para compreender a dinâmica populacional das espécies visadas, devido à integração das variáveis biológicas dos insetos (Yu *et al.*, 2013). As análises demonstraram faixas térmicas ideais para o potencial crescimento populacional das espécies quando avaliados em sete temperaturas constantes. Para *Ce. cincta* foi observado uma faixa de temperaturas de 22 a 28 °C. Já a espécie *Ce. paraguaria* foi restrita às temperaturas de 22 a 25 °C e, a espécie *Ch. externa* foi entre 25 e 28 °C. Contudo, a espécie *Ce. cubana* pareceu ser mais adequada em temperaturas quentes de 28 °C. Estes resultados sugerem que as espécies

de crisopídeos em estudo possivelmente podem suportar diversas condições climáticas no ambiente.

Cabe salientar que as espécies não são restritas somente às condições climáticas da região sudeste do Brasil, estas são de origem neotropical (Pappas *et al.*, 2011). A espécie *Ce. cubana* foi originalmente descrita em Cuba, a espécie *Ce. paraguaria* foi no Paraguai, a espécie *Ce. cincta* descrita no Brasil e, por último, a espécie *Ch. externa* no México, porém, todas as espécies apresentam uma ampla distribuição em outros países latino-americanos (Adams e Penny, 1985a; Freitas *et al.*, 2009).

No Brasil, estudos prévios demonstraram que essas quatro espécies estão associadas a diversas culturas, as vezes, compartilhando nichos ecológicos semelhantes, no caso de pomares de citros e goiabeiras (Freitas e Penny, 2001). Apesar disso, sugere-se que tais predadores preferem certos intervalos de temperatura que favorecem sua reprodução. Assim, um estudo realizado em Seropédica no estado de Rio de Janeiro indicou que a abundância de crisopídeos, independente dos cultivos agrícolas onde foram coletados, foi maior no mês de outubro com temperatura média de 23,4 °C, sendo a espécie mais coletada *Ch. externa* (Resende *et al.*, 2014).

No estado de Minas Gerais, a ocorrência de espécies de *Ceraeochrysa* e *Ch. externa* em pomares de citros foram maiores em períodos de baixas temperaturas em torno a 20 °C e de poucas precipitações (Gitirana *et al.*, 2001; Souza e Carvalho, 2002). Contudo, no sul do estado do Paraná em plantios de *Pinus taeda*, foram observados picos populacionais de *Ch. externa* nos meses mais quentes (dezembro, fevereiro e março), com temperaturas médias em torno a 20 °C (Cardoso *et al.*, 2003).

No estado de Bahia, no município de Anagé, região semiárida caracterizada por uma temperatura média anual de 23 °C, a ocorrência de crisopídeos pareceu estar relacionada com o florescimento do cultivo de manga no mês de setembro (Ribeiro *et al.*, 2009). Por outro lado, no município de Mossoró, região semiárida no estado de Rio Grande do Norte considerada um dos maiores produtores de melão, foram coletadas espécies de crisopídeos sendo *C. cubana* no mês de agosto a setembro, *Ch. genanigra* de setembro a janeiro e *Ch. externa* de agosto a novembro (Bezerra *et al.*, 2010).

Na Europa, a faixa térmica ótima de crescimento populacional para as espécies *Ch. agilis* e *D. prasina* foram temperaturas elevadas acima de 27 °C, correspondendo ao começo do verão, onde foram verificadas populações de crisopídeos no campo (Pappas e Koveos, 2011; Pappas *et al.*, 2013).

Os resultados indicaram que temperaturas muito elevadas, acima de 28 °C não são ideais para as espécies de crisopídeos encontradas no Brasil. Por outro lado, Souza e Carvalho (2002), mencionam que a ocorrência desses predadores, no hemisfério norte, na estação de verão, estaria relacionado com o intenso frio no período do inverno, sendo desfavorável para seu desenvolvimento. Desse modo, as vantagens das espécies neotropicais como as estudadas, é que, apesar de preferir certas temperaturas, podem ser encontradas durante o ano todo (Albuquerque *et al.*, 2001).

Em sínteses, as informações geradas sobre a história de vida das quatro espécies de crisopídeos demonstraram a influência que tem a temperatura sobre seu desenvolvimento, aspectos reprodutivos, demográficos, e as diferenças intrínsecas existentes entre elas.

De forma geral, devido a seu potencial reprodutivo seriam bons candidatos para ser utilizados em programas de controle biológico ou em sistemas de Manejo Integrado de Pragas nos agroecossistemas brasileiros, sugerindo que tais espécies podem ser adaptadas a determinadas condições de temperatura. Por exemplo, *Ce. cincta* pode ser mais indicada em regiões com temperaturas baixas a intermediárias e *Ce. paraguaria* para temperaturas intermediárias. No entanto, *Ch. externa* pode ter melhor desempenho em temperaturas intermediárias a elevadas e *Ce. cubana* em temperaturas mais quentes. Contudo, estudos de capacidade predatória, preferência alimentar e pesquisas com outros fatores abióticos como fotoperíodo, umidade relativa; além de estudos de semi-campo e campo são necessários para o uso eficiente destes predadores de vários insetos pragas.

O presente estudo provê informação útil e interessante para compreender a dinâmica populacional e possível ocorrência nos agroecossistemas, além de ser útil para implementação e otimização de uma criação em pequena e grande escala das espécies estudadas.

3.5. Conclusões

- As quatro espécies de crisopídeos completam seu período ovo-adulto na faixa térmica de 18 a 32 °C e as melhores viabilidades são obtidas entre 20 e 28 °C.
- O período ovo-adulto da espécie de *Ch. externa* é mais rápido em comparação às espécies de *Ce. cincta*, *Ce. cubana* e *Ce. paraguaria* nas sete temperaturas testadas.
- Na fase larval e período ovo-adulto a espécie *Ce. cincta* demonstra sensibilidade às temperaturas altas e *Ce. cubana* demonstra na fase pupal e período ovo-adulto nas temperaturas baixas.

- Faixas térmicas ótimas de crescimento populacional para *Ce. cincta* encontra-se nas temperaturas baixas a intermediárias, *Ce. paraguaria* entre as temperaturas intermediárias, *Ch. externa* encontra-se nas temperaturas intermediárias a elevadas e *Ce. cubana* nas temperaturas elevadas.

Referências

- ADAMS, P. A.; PENNY, N. D. Neuroptera of the Amazon basin. Part 11a. Introduction and Chrysopini. **Acta Amazonica**, v. 15, n. 3-4, p. 413-480, 1985a. ISSN 0044-5967.
- ALBUQUERQUE, G.; A. TAUBER, C.; J. TAUBER, M. *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa spp.*: Potential for biological control in the New World tropics and subtropics, **Lacewings in the crop environment**, p. 408-423, 2001. ISBN 0-521-77217-6.
- _____. **Green Lacewings (Neuroptera: Chrysopidae): predatory lifestyle**. 2012. 593-631 ISBN 978-1-4398-3708-5.
- ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): Life History and Potential for Biological Control in Central and South America. **Biological Control**, v. 4, n. 1, p. 8-13, 1994. ISSN 1049-9644. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964484710024>>.
- AMARASEKARE, K. G.; SHEARER, P. W. Life History Comparison of Two Green Lacewing Species *Chrysoperla johnsoni* and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). **Environmental entomology**, v. 42, n. 5, p. 1079-1084, 2013.
- BAGHDADI, A.; SHARIFI, F.; MIRMOAYEDI, A. Investigation on some biological aspects of *Chrysoperla lucasina* (Chrysopidae: Neuroptera) on *Bemisia tabaci* in laboratory conditions. **Communications in agricultural and applied biological sciences**, v. 77, n. 4, p. 635-638, 2012. ISSN 1379-1176.
- BEZERRA, C. E. S. et al. Green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) associated with melon crop in Mossoró, Rio Grande do Norte State, Brazil. **Neotropical entomology**, v. 39, n. 3, p. 454-455, 2010. ISSN 1519-566X.
- _____. Biology and thermal requirements of *Chrysoperla genanigra* (Neuroptera: Chrysopidae) reared on *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs. **Biological Control**, v. 60, n. 2, p. 113-118, 2012. ISSN 1049-9644. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964411003227>>.

- BLUM, M. S.; WALLACE, J. B.; FALES, H. M. Skatole and tridecene: Identification and possible role in a chrysopid secretion. **Insect Biochemistry**, v. 3, n. 12, p. 353-357, 1973. ISSN 0020-1790. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0020179073900681>>.
- BROOKS, S. J.; BARNARD, P. C. The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). **Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology Series**, v. 59, n. 2, p. 117-286, 1990. ISSN 0524-6431.
- CARDOSO, J. T. et al. Ocorrência e flutuação populacional de Chrysopidae (Neuroptera) em áreas de plantio de *Pinus taeda* (L.) (Pinaceae) no Sul do Paraná. **Revista Brasileira de Entomologia**, p. 473-475, 2003. ISSN 0085-5626.
- CHI, H. Life-Table Analysis Incorporating Both Sexes and Variable Development Rates Among Individuals. **Environmental Entomology**, v. 17, n. 1, p. 26-34, 1988. ISSN 0046-225X. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/ee/17.1.26>>.
- _____. **TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis**. 2014, D. E. H. W. E. D. E. S. 2014.
- CHI, H.; LIU, H. Two new methods for the study of insect population ecology. **Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.**, v. 24, n. 2, p. 225-240, 1985.
- de OLIVEIRA, R. L. et al. Life history parameters and feeding preference of the green lacewing *Ceraeochrysa cubana* fed with virus-free and potato leafroll virus-infected *Myzus persicae*. **BioControl**, v. 61, n. 6, p. 671-679, 2016. ISSN 1386-6141.
- DUELLI, P. Preovipository migration flights in the green lacewing, *Chrysopa carnea* (Planipennia, Chrysopidae). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 7, n. 3, p. 239-246, 1980. ISSN 1432-0762. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/BF00299370>>.
- EFRON, B.; TIHSHIRANI, R. **An Introduction to rhe Bootstrap**: New York. NY: Chapman and Hall 1993.
- EISNER, T. et al. Chemical egg defense in a green lacewing (*Ceraeochrysa smithi*). **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 93, n. 8, p. 3280-3283, 1996. ISSN 0027-8424/1091-6490. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC39597/>>.
- _____. Construction of a defensive trash packet from sycamore leaf trichomes by a chrysopid larva (Neuroptera: Chrysopidae). **Proceedings-Entomological Society of Washington**, v. 104, n. 2, p. 437-437, 2002. ISSN 0013-8797.
- FREITAS, S.de. **O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas em laboratório**. Jaboticabal, p.66. 2001

- FREITAS, S.de.; PENNY, N. D. **The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agro-ecosystems. Proceedings of the California Academy of Sciences**, San Francisco, v. 52, p. 245-395, 2001
- FREITAS, S.de.; PENNY, N. D.; ADAMS, P. A. A revision of the New World genus *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae). Revisión del género *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) del Nuevo Mundo. **Proceedings of the California Academy of Sciences.**, v. 60, n. 15/20, p. 503-610, 2009.
- GITIRANA NETO, J. et al. Flutuação populacional de espécies de *Ceraeochrysa* Adams, 1982 (Neuroptera: Chrysopidae) em citros, na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 3, p. 550-559, 2001.
- GONZALEZ, D. et al. Effects of ten naturally occurring sugars on the reproductive success of the green lacewing, *Chrysoperla carnea*. **BioControl**, v. 61, n. 1, p. 57-67, 2016. ISSN 1386-6141.
- GOODMAN, D. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. **The American Naturalist**, v. 119, n. 6, p. 803-823, 1982. ISSN 0003-0147.
- HARUYAMA, N. et al. Developmental Time and Survival of Trash-Carrying Versus Naked Green Lacewings, With Implications for Their Utility as Augmentative Biological Control Agents. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 105, n. 6, p. 846-851, 2012. ISSN 0013-8746. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1603/AN12003> >.
- HAYASHI, M.; NOMURA, M. Eggs of *Mallada desjardinsi* (Neuroptera: Chrysopidae) are protected by ants: the role of egg stalks in ant-tended aphid colonies. **Environmental entomology**, v. 43, n. 4, p. 1003-1007, 2014. ISSN 0046-225X.
- HUANG, Y. B.; CHI, H. Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. **Insect Science**, v. 19, n. 2, p. 263-273, 2012. ISSN 1744-7917.
- KOCZOR, S. et al. Smells good, feels good: oviposition of *Chrysoperla carnea*-complex lacewings can be concentrated locally in the field with a combination of appropriate olfactory and tactile stimuli. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 1, p. 311-317, 2017. ISSN 1612-4766. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0785-0> >.
- KUNKEL, B. A.; COTTRELL, T. E. Oviposition response of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) to aphids (Hemiptera: Aphididae) and potential attractants on pecan. **Environmental entomology**, v. 36, n. 3, p. 577-583, 2014. ISSN 0046-225X.

- LAMUNYON, C. W.; ADAMS, P. A. Use and effect of an anal defensive secretion in larval Chrysopidae (Neuroptera). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 80, n. 6, p. 804-808, 1987. ISSN 0013-8746.
- LÓPEZ-ARROYO, J. I.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. Comparative life histories of the predators *Ceraeochrysa cincta*, *C. cubana*, and *C. smithi* (Neuroptera: Chrysopidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 92, n. 2, p. 208-217, 1999a. ISSN 1938-2901.
- _____. Effects of prey on survival, development, and reproduction of trash-carrying chrysopids (Neuroptera: *Ceraeochrysa*). **Environmental entomology**, v. 28, n. 6, p. 1183-1188, 1999b. ISSN 1938-2936.
- _____. Intermittent oviposition and remating in *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 92, n. 4, p. 587-593, 1999c. ISSN 1938-2901.
- MAIA, W.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Exigências térmicas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861)(Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852)(Hemiptera: Aphididae) em condições de laboratório. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 1, p. 81-86, 2000.
- MANTOANELLI, E.; ALBUQUERQUE, G. S. Development and larval behavior of *Leucochrysa* (*Leucochrysa*) *varia* (Schneider)(Neuroptera, Chrysopidae) in the laboratory. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 2, p. 302-311, 2007. ISSN 0101-8175.
- MARTÍNEZ-GARCÍA, H. et al. Temperature-dependent development of *Macrolophus pygmaeus* and its applicability to biological control. **BioControl**, v. 62, n. 4, p. 481-493, 2017. ISSN 1573-8248. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9798-8> >.
- MCCULLAGH, P.; NELDER, J. A. **Generalized linear models**. London: Chapman and Hall: 1989.
- MILLER, L. A.; OLESEN, J. Avoidance behavior in green lacewings. **Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 131, n. 2, p. 113-120, 1979. ISSN 0340-7594.
- MORALES-CORRÊA E CASTRO, A. C.; BARBOSA, N. C. C. P. Recent evolutionary history of *Chrysoperla externa* (Hagen 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in Brazil. **PloS one**, v. 12, n. 5, p. e0177414, 2017. ISSN 1932-6203.

- NAKAHIRA, K.; ARAKAWA, R. Defensive functions of the trash-package of a green lacewing, *Mallada desjardinsi* (Neuroptera: Chrysopidae), against a ladybird, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Applied entomology and zoology**, v. 41, n. 1, p. 111-115, 2006. ISSN 0003-6862.
- NEVEN, L. G. Physiological responses of insects to heat. **Postharvest Biology and Technology**, v. 21, n. 1, p. 103-111, 2000. ISSN 0925-5214.
- NEW, T. R. The biology of Chrysopidae and Hemerobiidae (Neuroptera), with reference to their usage as biocontrol agents: a review. **Ecological Entomology**, v. 127, n. 2, p. 115-140, 1975. ISSN 1365-2311.
- NÚÑEZ, Z. Ciclo biológico y crianza de *Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera, Chrysopidae). **Revista Peruana de Entomologia**, v. 31 p. 76-82, 1988.
- OLIVEIRA, S. A. et al. Effect of temperature on the interaction between *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Sipha flava* (Hemiptera: Aphididae). **European Journal of Entomology**, v. 107, n. 2, p. 183-188, 2010. ISSN 1210-5759.
- PAPPAS, M. L.; BROUFAS, G. D.; KOVEOS, D. S. Effects of various prey species on development, survival and reproduction of the predatory lacewing *Dichochrysa prasina* (Neuroptera: Chrysopidae). **Biological Control**, v. 43, n. 2, p. 163-170, 2007. ISSN 1049-9644. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964407001661>>.
- PAPPAS, M. L.; BROUFAS, G. D.; KOVEOS, D. S. Chrysopid Predators and their Role in Biological Control. **Journal of Entomology**, v.8, n. 3, p. 301-326, 2011.
- PAPPAS, M. L. et al. Developmental temperature responses of *Chrysoperla agilis* (Neuroptera: Chrysopidae), a member of the European carnea cryptic species group. **Biological Control**, v. 64, n. 3, p. 291-298, 2013. ISSN 1049-9644. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964412002654>>.
- PAPPAS, M. L.; KOVEOS, D. S. Life-History Traits of the Predatory Lacewing *Dichochrysa prasina* (Neuroptera: Chrysopidae): Temperature-Dependent Effects When Larvae Feed on Nymphs of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 104, n. 1, p. 43-49, 2011. ISSN 0013-8746. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1603/AN10036>>.
- PESSOA, L. G. A. et al. Efeito da variação da temperatura sobre o desenvolvimento embrionário e pós-embrionário de *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás) (Neuroptera: Chrysopidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 71, n. 4, p. 473-474, 2004.

- R DEVELOPMENT CORE TEAM, R. **A language a environment for statistical computing. R foundation for statistical computing.** Vienna, Austria 2017.
- RESENDE, A. L. S. et al. Influência de diferentes cultivos e fatores climáticos na ocorrência de crisopídeos em sistema agroecológico. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 3, p. 257-263, 2014. ISSN 1808-1657.
- RIBEIRO, A. E. L. et al. Análise faunística e ocorrência sazonal de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) em pomar comercial de manga (*Mangifera indica* L.), no Semi-Árido da Região Sudoeste da Bahia, Brasil. **Boletín Sanitário Vegetal Plagas**, v. 35, p. 15-23, 2009.
- RODRIGUES, C. A. et al. Dynamics and predation efficiency of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Enneothrips flavens* (Thysanoptera: Thripidae). **Florida entomologist**, v. 97, n. 2, p. 653-658, 2014.
- RUGNO, G. R. et al. Impact of insect growth regulators on the predator *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). **Ecotoxicology**, v. 25, n. 5, p. 940-949, 2016. ISSN 1573-3017. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s10646-016-1651-9> >.
- RUGNO, G. R.; ZANARDI, O. Z.; YAMAMOTO, P. T. Are the Pupae and Eggs of the Lacewing *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae) Tolerant to Insecticides? **Journal of economic entomology**, v. 108, n. 6, p. 2630-2639, 2015. ISSN 1938-291X.
- SATTAYAWONG, C.; URAICHUEN, S.; SUASA-ARD, W. Larval preference and performance of the green lacewing, *Plesiochrysa ramburi* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae) on three species of cassava mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae). **Agriculture and Natural Resources**, v. 50, n. 6, p. 460-464, 2016. ISSN 2452-316X.
- SHRESTHA, G.; ENKEGAARD, A.; GIRAY, T. The green lacewing, *Chrysoperla carnea*: preference between lettuce aphids, *Nasonovia ribisnigri*, and western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. **Journal of Insect Science**, v. 13, n. 1, 2013.
- SILVA, P. S. et al. Life history of a widespread Neotropical predator, *Chrysopodes* (Chrysopodes) *lineafrons* (Neuroptera: Chrysopidae). **Biological Control**, v. 41, n. 1, p. 33-41, 2007. ISSN 1049-9644. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964406003136>>.
- SOUZA, B.; CARVALHO, C. F. Population dynamics and seasonal occurrence of adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in a citrus orchard in Southern Brazil. **Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, v. 48, n. 2, p. 301-310, 2002.

- STEIN, C. P.; PARRA, J. R. P. Uso da radiação ultravioleta para inviabilizar ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) visando estudos com *Trichogramma spp.* **An. Soc. Entomol. Brasil**, v. 16, n. 1, p. 229-233, 1987.
- TAPAJÓS, S. J. et al. Suitability of two exotic mealybug species as prey to indigenous lacewing species. **Biological Control**, v. 96, n. Supplement C, p. 93-100, 2016. ISSN 1049-9644. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964416300172> >.
- TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J.; ALBUQUERQUE, G. S. Debris-carrying in larval Chrysopidae: unraveling its evolutionary history. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 107, n. 2, p. 295-314, 2014.
- TAUBER, M. J. et al. Commercialization of predators: recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: *Chrysoperla*). **American Entomologist**, v. 46, n. 1, p. 26-38, 2000a. ISSN 2155-9902.
- TRUDGILL, D. L. et al. Thermal time – concepts and utility. **Annals of Applied Biology**, v. 146, n. 1, p. 1-14, 2005. ISSN 1744-7348. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.04088.x> >.
- van LENTEREN, J. C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, v. 57, n. 1, p. 1-20, 2012. ISSN 1573-8248. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10526-011-9395-1> >.
- van LENTEREN, J. C. et al. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v. 63, p. 1-21, 2017. ISSN 1386-6141.
- VASANTHAKUMAR, D.; BABU, A. Life table and efficacy of *Mallada desjardinsi* (Chrysopidae: Neuroptera), an important predator of tea red spider mite, *Oligonychus coffeae* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and applied acarology**, v. 61, n. 1, p. 43-52, 2013. ISSN 0168-8162.
- VOGT, H. et al. Side-effects of pesticides on larvae of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae): actual state of the laboratory method. In: (Ed.). **Ecotoxicology**: Springer, 1998. p.123-136.
- YU, L.-Y. et al. Demographic analysis, a comparison of the jackknife and bootstrap methods, and predation projection: a case study of *Chrysopa pallens* (Neuroptera: Chrysopidae). **Journal of economic entomology**, v. 106, n. 1, p. 1-9, 2013. ISSN 0022-0493.

4. EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *CERAEOCHRYSA CINCTA*, *CERAEOCHRYSA CUBANA*, *CERAEOCHRYSA PARAGUARIA* E *CHRYSOPERLA EXTERNA* (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) E SEU ZONEAMENTO CLIMÁTICO PARA O ESTADO DE SÃO PAULO-BRASIL

RESUMO

Dentre os inimigos naturais, os crisopídeos, pertencentes a família Chrysopidae, são predadores amplamente estudados destacando-se como potenciais agentes de controle biológico. Neste estudo, o limite térmico inferior ou temperatura base (Tb), a constante térmica (K) e o zoneamento climático do número provável de gerações mensais e anuais para as espécies de crisopídeos *Chrysoperla externa* (Hagen), *Ceraeochrysa cincta* (Schneider), *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) e *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás) para o estado de São Paulo foram determinados. Assim, foi observado uma diminuição do tempo de desenvolvimento de cada estágio das espécies estudadas com o aumento da temperatura na faixa térmica de 18 a 30 °C. Para o desenvolvimento do período ovo-adulto, a Tb foi de 10,5; 12,95; 11,99; 11,77 °C e a K de 443,81; 362,7; 399,68 e 314,95 GD para as espécies *Ce. cincta*, *Ce. cubana*, *Ce. paraguaria* e *Ch. externa*, respectivamente. Com a determinação das exigências térmicas em condições de laboratório e o uso de SIG (Sistema de Informação Geográfica) foi representado de forma espacial o desenvolvimento dos crisopídeos. Os resultados mostraram que todas as espécies tiveram um aumento do número estimado de gerações mensais com o aumento da temperatura. Nas regiões mais quentes do estado de São Paulo, a espécie *Ch. externa* conseguiu completar 14 gerações/ano aproximadamente sendo que as demais espécies completaram entre 10 a 11 gerações/ano. Nas regiões com temperaturas amenas a frias, o número estimado de gerações anuais foi menor, em torno de 6 a 12 dependendo da espécie. Foi observado que *Ch. externa* foi adequada para as condições climáticas do estado todo, *Ce. cincta* teve bom desempenho nas regiões com temperaturas amenas a frias, a espécie *Ce. paraguaria* destacou-se nas temperaturas intermediárias e *Ce. cubana* nas temperaturas quentes. Este estudo auxilia no uso destes predadores em futuros programas de controle biológico visando a liberação destes inimigos naturais para o manejo de vários insetos-pragas.

Palavras-chave: Controle biológico; Crisopídeos; Temperatura

ABSTRACT

Among the natural enemies are the lacewings belonging to the family Chrysopidae, are predators widely studied because they are potential agents of

biological control. In this study, the lower thermal threshold (T_t), the thermal constant (DD), and the number of monthly and annual generations for the species *Chrysoperla externa* (Hagen), *Ceraeochrysa cincta* (Schneider), *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) and *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás) to the state of São Paulo were determined. Thus, an increase in the velocity of each stage of development of the species was observed with the temperature increase in the thermal range of 18 to 30 °C. For the development of the egg-adult period T_t was 10.5, 12.95, 11.99, and 11.77 °C and DD was 443.81, 362.7, 399.68, and 314.95 for *Ce. cincta*, *Ce. cubana*, *Ce. paraguaria* and *Ch. externa*, respectively. With the determination of the thermal requirements in laboratory conditions and the use of GIS (Geographic Information System), the development of the lacewings was represented in a spatial way. The results showed that all species had an increase in the estimated number of monthly generations with increasing temperature. In the warmer regions of the state of São Paulo *Ch. externa* species was able to complete 14 generations/year, and the other species completed 10 to 11 generations/year. In regions with mild to cold temperatures the estimated number of annual generations were smaller around 6 to 12 depending on the species. It was observed that *Ch. externa* was adequate for the climatic conditions of the whole state, *Ce. cincta* showed good performance in regions with mild to cold temperatures, *Ce. paraguaria* highlight in the intermediate temperatures and *Ce. cubana* in warm temperatures. This study supports the use of these predators in biological control programs aiming at the release of these natural enemies for the management of several insect pests.

Keywords: Biological control; Lacewings; Temperature

4.1. Introdução

No Brasil, devido à sua grande diversidade agrícola, existe, uma ampla variedade de insetos-pragas, que causam severos danos econômicos aos cultivos, e são controlados predominantemente, com o uso de inseticidas (Costa-Lima *et al.*, 2014; Gómez-Torres *et al.*, 2014). O uso intensivo dos inseticidas pode causar efeitos indesejáveis como a morte dos insetos benéficos. Dentre esses insetos, os inimigos naturais são importantes para o equilíbrio ecológico no ambiente (Yamamoto e Bassanezi, 2003; Rugno *et al.*, 2016).

Devido à preocupação por uma agricultura sustentável, o controle biológico mediante o uso de inimigos naturais vem sendo incrementado e constitui um componente importante dentro de um programa de Manejo Integrado de Pragas (Parra, 2014). Estes inimigos naturais podem ser encontrados livremente na natureza cumprindo seu papel de reduzir populações de pragas e podem ser conservados mediante a manipulação do seu ambiente favorecendo sua abundância. Por outro lado, podem ser criados massalmente e liberados no campo para a regulação da população de pragas a curto e longo prazo (van Lenteren *et al.*, 2017).

Dentre esses inimigos naturais, os predadores como os neurópteros, pertencentes à família Chrysopidae, são amplamente estudados por serem potenciais agentes de controle biológico. Estes são caracterizados por sua ampla distribuição geográfica, ocorrência em vários tipos de habitats naturais e implantados, predação de uma vasta gama de insetos-pragas de corpo pequeno, principalmente de pulgões, por apresentar elevado potencial biótico e pela facilidade de criação (Albuquerque *et al.*, 1994; López-Arroyo *et al.*, 1999; Stelzl e Devetak, 1999; Bezerra *et al.*, 2012). Outra característica importante sobre estes agentes de mortalidade biótica é que atuam como indicadores ambientais, ou seja, a presença deles nos agroecossistemas permite avaliar o estado ecológico em que se encontra um determinado ambiente (Stelzl e Devetak, 1999).

No Brasil, vários estudos sobre crisopídeos têm sido realizados. Por exemplo, estudos de seletividade visando à conservação destes inimigos naturais (Rugno *et al.*, 2015; Rugno *et al.*, 2016). Também, trabalhos sobre capacidade de predação, estudos sobre exigências térmicas e de liberações em casas de vegetação (Hagley, 1989; Figueira e Lara, 2004; Barbosa *et al.*, 2008; Bezerra *et al.*, 2012; Rodrigues *et al.*, 2014; Fonseca *et al.*, 2015). Além disso, estudos sobre ocorrências de espécies de crisopídeos em campo (Souza e Carvalho, 2002; Rodrigues *et al.*, 2004; Moraes *et al.*, 2006).

A temperatura é um fator abiótico importante que influencia o comportamento dos crisopídeos, assim como outros insetos (Albuquerque *et al.*, 1994; Honek, 1996; López-Arroyo *et al.*, 1999; Pappas *et al.*, 2013). Modelos matemáticos permitem modelar o desenvolvimento do inseto em função da temperatura oferecendo informação útil para previsão da ocorrência de pragas-chaves nas culturas, assim como, otimizar o uso de inimigos naturais visando seu uso no controle biológico (Martínez-García *et al.*, 2017). Diante disso, estes modelos vêm sendo bastante utilizados para o manejo de pragas de importância econômica e de inimigos naturais (Freitas Bueno *et al.*, 2009; Neves *et al.*, 2010).

Os modelos lineares são amplamente utilizados para determinar as exigências térmicas, descrevem a relação entre a temperatura e desenvolvimento do inseto, são simples de usar e permitem estimar o limiar térmico inferior e a constante térmica (Haddad *et al.*, 1999). A partir destes dados, outros estudos como zoneamento climático podem ser realizados (Milanez *et al.*, 2005). Normalmente, os resultados obtidos são experimentos de laboratório e as estimativas feitas de funções matemáticas que precisam ser validados no campo (Bolzan *et al.*, 2017).

Apesar da importância dos crisopídeos como agentes de controle biológico, pouco são os estudos de exigências térmicas visando seu zoneamento climático, determinando quais

espécies sejam melhor adaptadas a determinados ambientes climáticos. Dentro deste contexto, objetivou-se com essa pesquisa determinar o zoneamento identificando o número provável de gerações mensais e anuais de *Chrysoperla externa* (Hagen), *Ceraeochrysa cincta* (Schneider), *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) e *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás) com base nas exigências térmicas e em graus dias-acumulados, assim como estabelecer a influência da temperatura na adaptação das espécies de crisopídeos nas diferentes regiões do estado de São Paulo.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Determinação das exigências térmicas das quatro espécies de crisopídeos

Para determinar as exigências térmicas, foram utilizados os dados de duração de cada estágio de desenvolvimento e o período ovo-adulto nas diferentes temperaturas já discutido no capítulo 1. Para esse fim, 40 ovos com até 24 h de idade provenientes da segunda geração de laboratório foram individualizados em tubos de vidro de 2,5 cm de diâmetro × 8,5 cm altura, fechados na parte superior com filme plástico e mantidos em câmeras climatizadas nas temperaturas constantes de 18, 20, 22, 25, 28, 30 e 32 °C, UR de 70 ± 10% e fotofase de 14 h. Esse procedimento foi realizado para cada espécie de crisopídeo. As larvas foram alimentadas *ad libitum* com ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) e mantidos nos tubos até a emergência dos adultos, avaliando-se diariamente as durações.

Para avaliar o efeito da temperatura em cada espécie as durações de cada estágio de desenvolvimento e período ovo-adulto foram submetidas a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey considerando um nível de significância de 5%. Com os resultados de duração foram calculadas as taxas de desenvolvimento. Para o período ovo-adulto foi feito o somatório da duração média de cada estágio nas diferentes temperaturas.

A transformação da duração média de cada estágio de desenvolvimento e período ovo-adulto para taxa de desenvolvimento foi realizado utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Taxa de desenvolvimento: } \frac{1}{\text{duração(dias)}}$$

(1)

Mediante a determinação da taxa de desenvolvimento foi possível aplicar o modelo linear para obter o limite térmico inferior ou temperatura base (Tb) e a constante térmica (K) em graus-dias (Haddad *et al.*, 1999) utilizando-se a seguinte fórmula: $K = D * (T - Tb)$ onde: K=constante térmica em graus-dias (GD), D= duração (dias), T=temperatura (°C), Tb:

limite térmico inferior de desenvolvimento ou temperatura base. Para tal fim, os valores de Tb e K foram os seguintes:

$$Tb = \frac{a}{b}$$

(2)

$$K = \frac{1}{b}$$

(3)

Para as fases de ovo, larva, pupa e período ovo-adulto foram utilizados os dados das faixas térmicas de 18 a 30 °C devido a linearidade da equação. Todos os cálculos e figuras foram realizados utilizando-se o software estatístico “R”, versão 3.1.2 (R Development Core Team, 2017)

4.2.2. Número de gerações das quatro espécies de crisopídeos

Com base nos estudos das exigências térmicas e graus-dias acumulados foi realizado o zoneamento climático do número provável de gerações das espécies de crisopídeos *Ce. cincta*, *Ce. cubana*, *Ce. paraguaria* e *Ch. externa* para o estado de São Paulo ao longo do ano, baseando-se nas temperaturas médias mensais e anuais de cada município obtidas pelo modelo proposto por Alvares *et al.* (2013). Assim, o número de gerações mensal estimado para cada espécie foi realizado pela seguinte fórmula:

$$NC = \frac{(tm - Tb) * d}{K}$$

(4)

Onde, NC= número de ciclos; tm= temperatura média mensal do município; Tb= limite térmico inferior; K= graus-dias acumulados necessários para completar um ciclo (ovo-adulto não incluindo pré-oviposição); d= número de dias do mês (Freitas Bueno *et al.*, 2009)

A representação espacial do zoneamento foi realizada em parceria com o Laboratório de Ecologia e Entomologia Florestal (ESALQ/USP) por meio de ferramentas computacionais de SIG (Sistema de Informação Geográfica), utilizando-se o software ArcGIS 10.3.

4.3. Resultados

4.3.1. Determinação das exigências térmicas de quatro espécies de crisopídeos e seu zoneamento climático

As durações do tempo de desenvolvimento para cada estágio e o período ovo-adulto das espécies de crisopídeos nas diferentes temperaturas estudadas demonstraram diferenças significativas, sendo inversamente proporcional com o aumento da temperatura. As quatro espécies de crisopídeos completaram seu ciclo de vida nas faixas térmicas entre 18 e 32 °C. Estes resultados já foram discutidos no capítulo 3.

Os dados de taxa de desenvolvimento se ajustaram adequadamente ao modelo linear para as quatro espécies de crisopídeos na fase de ovo, larva, pupa e período ovo-adulto, onde os valores dos coeficientes de determinação R^2 foram superiores a 0,91 (Tabela 1). Os limites térmicos inferiores ou temperaturas bases para as fases de ovo, larva e pupa das quatro espécies foram entre 9 e 13 °C e a constantes térmicas entre 55 e 190 GD (Tabela 1).

Para o período ovo-adulto o limite térmico inferior foi de 10,5; 12,95; 11,99; 11,77 e a constante térmica de 443,81; 362,7; 399,68 e 314,95 GD para as espécies *Ce. cincta*, *Ce. cubana*, *Ce. paraguaria* e *Ch. externa*, respectivamente (Tabela 1). Foi verificado que a espécie com menor valor de temperatura base foi *Ce. cincta*, com os maiores valores de constante térmica.

Tabela 1. Limite térmico inferior (Tb), constante térmica [K em graus dia (GD)], equação de regressão, coeficiente de determinação (R^2) estimados para as fases de ovo, larva, pupa e período ovo-adulto de *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa paraguayana* e *Chrysoperla externa* mantidas sob faixa de temperatura de 18-30 °C

Fases de desenvolvimento	Tb (°C)	K (GD)	Equação de regressão	R^2
<i>Ce. cincta</i>				
Ovo	9,49	78,63	$y = -0,1207 + 0,0127x$	0,91
Larva	10,07	190,75	$y = -0,0528 + 0,0052x$	0,99
Pupa	11,15	177,06	$y = -0,0623 + 0,0056x$	0,98
Ovo-adulto	10,50	443,81	$y = -0,0237 + 0,0021x$	0,99
<i>Ce. cubana</i>				
Ovo	13,14	60,95	$y = -0,2156 + 0,0164x$	0,99
Larva	12,42	154,42	$y = -0,0804 + 0,0065x$	0,97
Pupa	13,49	145,01	$y = -0,0931 + 0,0069x$	0,98
Ovo-adulto	12,95	362,70	$y = -0,0357 + 0,0028x$	0,99
<i>Ce. paraguayana</i>				
Ovo	12,48	65,59	$y = -0,1903 + 0,0152x$	0,98
Larva	12,03	173,22	$y = -0,0694 + 0,0058x$	0,94
Pupa	11,79	159,17	$y = -0,0741 + 0,0063x$	0,98
Ovo-adulto	11,99	399,68	$y = -0,0299 + 0,0025x$	0,97
<i>Ch. externa</i>				
Ovo	12,38	55,09	$y = -0,2248 + 0,0181x$	0,97
Larva	11,35	133,41	$y = -0,0851 + 0,0075x$	0,99
Pupa	11,60	130,10	$y = -0,0891 + 0,0077x$	0,98
Ovo-adulto	11,77	314,95	$y = -0,0374 + 0,0032x$	0,99

Cabe destacar que o modelo linear foi aplicado apenas aos dados dentro da faixa térmica de 18 a 30 °C para cada estágio do desenvolvimento e para o período ovo-adulto das quatro espécies de crisopídeos, utilizando-se apenas a parte linear da curva de desenvolvimento. Na regressão foi observado um aumento da taxa de desenvolvimento com o aumento da temperatura. Tal comportamento foi observado para todos os estágios de desenvolvimento e no período ovo-adulto, devido à influência da temperatura (Figura 1, 2, 3, 4).

Figura 1. Relação da taxa de desenvolvimento (1/dias) e temperatura (°C) da fase de ovo das quatro espécies de crisopídeos a) *Ceraeochrysa cincta*, b) *Ceraeochrysa cubana*, c) *Ceraeochrysa paraguaria*, d) *Chrysoperla externa*

Figura 2. Relação da taxa de desenvolvimento (1/dias) e temperatura (°C) da fase de larva das quatro espécies de crisopídeos a) *Ceraeochrysa cincta*, b) *Ceraeochrysa cubana*, c) *Ceraeochrysa paraguaria*, d) *Chrysoperla externa*

Figura 3. Relação da taxa de desenvolvimento (1/dias) e temperatura (°C) da fase de pupa das quatro espécies de crisopídeos a) *Ceraeochrysa cincta*, b) *Ceraeochrysa cubana*, c) *Ceraeochrysa paraguaria*, d) *Chrysoperla externa*

Figura 4. Relação da taxa de desenvolvimento (1/dias) e temperatura (°C) do período ovo-adulto das quatro espécies de crisopídeos a) *Ceraeochrysa cincta*, b) *Ceraeochrysa cubana*, c) *Ceraeochrysa paraguaria*, d) *Chrysoperla externa*

Com o mapa de isotermas e os parâmetros biológicos obtidos nas diferentes temperaturas para as quatro espécies de crisopídeos, foi possível estimar o número de gerações mensais e anuais para os referidos predadores nos diferentes municípios do estado de São Paulo, Brasil (Figura 5, 6).

Baseado nas condições climáticas do estado, os resultados indicaram que a média mensal de gerações estimadas foi afetada pela temperatura, observando-se que independentemente das diferentes regiões houve um aumento do número de gerações com o aumento da temperatura. Assim, nas estações mais quentes como primavera e verão, a partir da temperatura de 22 °C, a espécie *Ch. externa* foi a única que completou uma geração em um mês, as demais espécies conseguiram completar em torno a 0,94 da geração em temperaturas maiores a 24 °C. Nas estações de outono e inverno, com temperaturas ao redor de 20 °C, nenhuma das espécies conseguiu completar mais de uma geração, embora, *Ch. externa* e *Ce. cincta* tiveram melhores desenvolvimentos nessas condições (Figura 5).

Em relação ao número de gerações anuais das espécies de crisopídeos, foi observado diferenças nas regiões do estado de São Paulo, que apresenta regiões quentes e regiões com temperaturas amenas a frias. Na região noroeste do estado considerada a mais quente, para a espécie *Ch. externa* o número de gerações anuais foi de 14, e para as demais espécies, variações entre 10 a 11 gerações. Nas regiões com temperaturas amenas, como a região norte, oeste, parte central e leste do estado, o número de gerações estimado variou de 9 a 12 para *Ch. externa* e para as espécies do gênero *Ceraeochrysa* variaram de 7 a 9 gerações anuais (Figura 6).

Nas regiões sudoeste, sudeste e parte da região leste do estado, com temperaturas baixas, o número de gerações foi menor para as espécies de crisopídeos. Assim, para a espécie *Ch. externa* o número de gerações variou de 7 a 9, *Ce. paraguaria* e *Ce. cubana* variaram em torno de 5 a 7 gerações e, *Ce. cincta* variou ao redor de 6 a 7 gerações. Por outro lado, nas regiões sul e sudeste, especificamente no litoral paulista, que apresentam temperaturas elevadas, o número de gerações para os crisopídeos foi de 7 a 14 (Figura 6).

Figura 5. Número de gerações mensais (período ovo-adulto) das espécies de crisopídeos nos intervalos de isotermas <18 °C; 18-20°C; 20,1-22°C; 22,1-24 °C; >24 °C no Estado de São Paulo, Brasil. Verão: a) janeiro b) fevereiro c) março; Outono: d) abril e) maio f) junho; Inverno: g) julho h) agosto i) setembro; Primavera: j) outubro l) novembro m) dezembro

Figura 6. Número de gerações anuais (período ovo-adulto) das espécies de crisopídeos nos intervalos de isotermas <18 °C; 18-20°C; 20,1-22°C; 22,1-24 °C; >24 °C no Estado de São Paulo, Brasil

4.4. Discussão

Levando-se em consideração o tempo de desenvolvimento de cada estágio e período ovo-adulto, nas temperaturas constantes apresentado no capítulo 3, foi possível determinar as exigências térmicas e o número de gerações mensais e anuais das quatro espécies de

crisopídeos. Desta forma, foi possível observar que a temperatura constitui um fator abiótico importante nos insetos pecilotérmicos devido a influência, tanto no desenvolvimento, como na distribuição deles no ambiente em determinadas faixas de temperaturas (Trudgill *et al.*, 2005).

No presente estudo foi verificado que o limite térmico inferior ou temperatura base (Tb) para as fases de desenvolvimento e período ovo-adulto foram baixas para a espécie *Ce. cincta* à exceção da fase de pupa que foi diferente somente para *Ce. cubana* com uma Tb de dois graus a mais que as outras espécies. Em relação a constante térmica (K) para as espécies de *Ceraeochrysa*, foi observado que *Ce. cincta* teve maiores valores indicando que requer maior acúmulo de temperatura para completar cada estágio de desenvolvimento e período ovo-adulto. Já a espécie *Ce. paraguaria* teve valores intermédios e, por último, *Ce. cubana* com os menores valores de K. No entanto, a espécie *Ch. externa*, teve uma K mais baixa ainda, devido ao rápido desenvolvimento já discutido no capítulo 3.

Tomando por base os resultados de Tb e K do período ovo-adulto de diferentes espécies de crisopídeos observados na Tabela 2, verifica-se que as temperaturas bases encontradas para os crisopídeos em estudo são ligeiramente superiores à maioria citada na literatura e as constantes térmicas muito variáveis. Estas diferenças podem ser explicadas, provavelmente, pelas variações geográficas ou origem dos insetos, hipóteses corroborada pelos estudos de Honek (1996). Este autor, observou que, para insetos de climas tropicais os valores de Tb são mais altos e somas térmicas mais baixas em comparação com insetos de climas subtropicais e temperados com menores valores de Tb e altos valores de K. Neste aspecto, essa regra pode não ser aplicável para todos os insetos devido a outros fatores que podem influenciar as exigências térmicas como por exemplo: a) o hábitat associado à altitude do local já que a temperatura diminui com o aumento da altitude (Nava *et al.*, 2005); b) a qualidade e quantidade de alimento ingerido pelo inseto (Trudgill *et al.*, 2005); e c) metodologia experimental empregada pelos autores (Bergant e Trdan, 2006).

Cabe ressaltar que as espécies em estudos são de origem neotropical e, portanto, os valores de Tb deste foram próximos aos relatados para insetos de origem tropical (13,65 °C) e subtropical (10,46 °C) obtidos por (Honek, 1996).

Tabela 2. Limite térmico inferior (Tb), constante térmica [K em graus dia (GD)], equação de regressão, coeficiente de determinação (R^2) do período ovo-adulto para várias espécies de crisopídeos utilizando resultados de diferentes autores

<i>Ceraeochrysa</i>		Ciclo ovo-adulto				Autores
		Hospedeiros	Tb (°C)	K (GD)	R^2	
<i>Ce. cincta</i> (Schneider)(Florida)		<i>A. kuehniella</i> (Zeller)	9,2	467,3	0,97	(López-Arroyo <i>et al.</i> , 1999)
<i>Ce. cubana</i> (Hagen) (Florida)		<i>A. kuehniella</i> (Zeller)	11	423,7	0,98	(López-Arroyo <i>et al.</i> , 1999)
<i>Ce. smithi</i> (Navás) (Florida)		<i>A. kuehniella</i> (Zeller)	9,5	448,4	0,97	(López-Arroyo <i>et al.</i> , 1999)
* <i>Ce. cincta</i> (Schneider) (SP, Brasil)		<i>A. kuehniella</i> (Zeller)	10,50	443,81	0,99	-
* <i>Ce. cubana</i> (Hagen) (SP, Brasil)		<i>A. kuehniella</i> (Zeller)	12,95	362,70	0,99	-
* <i>Ce. paraguaria</i> (Navás) (SP, Brasil)		<i>A. kuehniella</i> (Zeller)	11,99	399,68	0,97	-
<i>Chrysoperla</i>						
<i>Ch. externa</i> (Hagen) (Brasília, DF, Brasil)		<i>Rhopalosiphum padi</i> (Linnaeus)	8,46	386,62	0,90	(Aquad <i>et al.</i> , 2014)
<i>Ch. externa</i> (Hagen) (Lavras, MG, Brasil)		<i>Schizaphis graminum</i> (Rondani)	10,9	362,1	0,96	(Maia <i>et al.</i> , 2000)
<i>Ch. externa</i> (Hagen) (MG-Brasil)		<i>Rhopalosiphum maidis</i> Fitch	10,7	377,8	0,99	(Fonseca <i>et al.</i> , 2015)
<i>Chrysoperla genanigra</i> Freitas (Mossoró, RJ-Brasil)		<i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier)	10,8	336,7	0,93	(Bezerra <i>et al.</i> , 2012)
<i>Chrysoperla agilis</i> Henry et al. (Alexandria, Grécia)		<i>A. kuehniella</i> (Zeller)	11,8	293,5	0,96	(Pappas <i>et al.</i> , 2013)
<i>Chrysoperla lucasina</i> (Rafsanjan, Irán)		<i>Agonoscena pistaciae</i> Burckhardt and Lauterer	9,6	384,6	0,98	(Kazemi e Mehrnejad, 2011)
* <i>Ch. externa</i> (Hagen)		<i>A. kuehniella</i> (Zeller)	11,77	314,95	0,99	-
<i>Dichochrysa</i>						
<i>Dichochrysa prasina</i> (Alexandria, Grécia)		<i>Myzus persicae</i> (Sulzer)	9,6	583,4	0,98	(Pappas e Koveos, 2011)
<i>Chrysopodes</i>						
<i>Chrysopodes lineafrons</i> Adams and Penny (Rio de Janeiro-Brasil)		<i>A. kuehniella</i> (Zeller)	10,7	470,1	x	(Silva <i>et al.</i> , 2007)

*Espécies em estudo

Uma das fases de desenvolvimento de grande importância dos crisopídeos para o controle biológico de pragas é o período larval, nessa etapa alimentam-se de vários tipos de presas. Desse modo, observou-se que *Ce. cubana* e *Ce. paraguaria* devido ao alto valor da Tb podem ser espécies menos adaptadas na época de inverno, portanto, sua ocorrência pode ser menor do que as espécies *Ce. cincta* e *Ch. externa*. Esta hipótese é baseada nos estudos feitos

por López-Arroyo *et al.* (1999) e Nakahira *et al.* (2005) sugerindo que espécies com baixos valores de Tb podem se adaptar a amplos intervalos geográficos como regiões mais frias e altos valores de Tb podem indicar maior ocorrência da espécie nas estações quentes do que nas estações frias.

Com base nas exigências térmicas aqui determinadas, foi possível estimar o número de gerações mensais e anuais dos crisopídeos e realizar seu zoneamento climático, ressaltando que, neste estudo foi considerada somente a temperatura como principal fator abiótico (Milanez *et al.*, 2005; Nondillo *et al.*, 2008).

Em todas as regiões do estado de São Paulo e estações do ano, *Ch. externa* foi a única espécie a completar uma geração em um mês em temperatura a partir de 22 °C. Além disso no capítulo 3 foram observadas altas viabilidades nas temperaturas entre 20 e 30°C indicando que esta espécie pode ser bem adaptada às condições climáticas no estado todo. Resultados semelhantes foram estimados para populações de *Ch. externa* de Juiz de Fora em Minas Gerais, Brasil com temperatura média mensal de 17 °C para os meses de abril e setembro sendo o número de gerações/mês estimado de 1,3 já nos meses de outubro a março com temperatura média mensal de 24 °C foram de 1,9 gerações/mês (Auaud *et al.*, 2014).

As espécies do gênero *Ceraeochrysa* não conseguiram completar uma geração mensal nem mesmo em temperaturas elevadas. Isto está relacionado ao ciclo de desenvolvimento mais longo, característico destas espécies (López-Arroyo *et al.*, 1999; Haruyama *et al.*, 2012)(capítulo 3). Apesar que *Ch. externa* seja uma espécie com rápido desenvolvimento, foi observado que regiões frias do estado, parecem ser favoráveis para o desenvolvimento da espécie *Ce. cincta*, devido a maiores valores de número de gerações mensais nas temperaturas entre 18 e 20 °C. Também, no capítulo 3, altas viabilidades foram obtidas nas temperaturas baixas para *Ce. cincta*, portanto, infere-se que em condições de campo, sua ocorrência seja maior e antecipada do que as demais espécies, além de *Ch. externa*.

As espécies *Ce. paraguaria* e *Ce. cubana* conseguiram completar só 0,43 a 0,47 da sua geração em um mês nas temperaturas baixas, mediante isto, pode se inferir que sejam espécies menos adaptadas a condições de frio. Já nas regiões do estado com temperaturas mais elevadas, as espécies de *Ceraeochrysa* apresentaram estimativas de número de gerações mensais muito semelhantes a partir de 20,1 °C. Apesar de não haver muitas diferenças nas regiões mais quentes, outros fatores como as viabilidades podem influir neste aspecto, uma vez que, no capítulo 3 foi observado que *Ce. cincta* teve baixas viabilidades nas temperaturas

altas e *Ce. cubana*, altas viabilidades, já a espécie de *Ce. paraguaria* se manteve com viabilidades intermédias no desenvolvimento total.

Avaliando o número estimado de gerações anuais, a espécie *Ch. externa* pode ter mais de 14 gerações nas regiões quentes do estado, sendo 3 gerações a mais do que as demais. Nas regiões mais frias, *Ch. externa* e *Ce. cincta* parecem ter melhor desempenho do que as demais podendo ter mais de 7 a 6 gerações/ano, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al.* (2007), obtendo 8 gerações em 375 dias para a espécie *Chrysopodes (Chrysopodes) lineafrons* Adams and Penny avaliadas em condições de semi-campo com temperaturas médias variando de 21,7 a 27,9 °C.

Vários estudos de dinâmica populacional foram realizados em várias regiões do Brasil, demonstrando que as espécies de crisopídeos são amplamente distribuídas e encontradas naturalmente em várias culturas (Freitas e Penny, 2001). Assim, em lavouras cafeeiras, maiores populações de *Ch. externa* foram observadas no mês de setembro e as menores nos meses de dezembro e janeiro (Silva *et al.*, 2006). Morais *et al.* (2006) observaram em pomares de citros no estado de Rio Grande do Sul, maiores densidades de neurópteros no verão do que no inverno, sendo a espécie *Ce. cincta* a mais coletada seguida de *Ceraeochrysa claveri* Navás e *Ce. cubana*. Também, Rugno (2013) observou que a espécie *Ce. cincta* foi mais coletada durante todo o ano em pomares de citros com manejo rigoroso do psilídeo *Diaphorina citri* Kuwayama e com manejo menos rigoroso.

Cabe salientar que, as diferenças em relação a ocorrência de crisopídeos no campo e adaptações climáticas está estreitamente relacionada além do tipo de cultura, mas também a outros fatores como: a paisagem próxima às culturas, umidade relativa, precipitações pluviais, ventos, interações entre predador e presa (Tauber e Tauber, 1983; Souza e Carvalho, 2002; Pappas *et al.*, 2008; Vasanthakumar e Babu, 2013; Boopathi *et al.*, 2016; Sorribas *et al.*, 2016).

Com base nas características climáticas obtidas e visando o uso de crisopídeos em programas de controle biológico para liberação no campo, sugere-se que *Ch. externa* seja uma espécie com ampla faixa térmica desde temperaturas amenas a frias e quentes do estado de São Paulo. Já a espécie *Ce. cincta* apresenta bom desempenho nos climas amenos a frios. A espécie *Ce. paraguaria* poderia ser mais indicada em regiões com temperaturas intermédias e *Ce. cubana* indicada para regiões com temperaturas altas. Ressalta-se que os resultados obtidos devem ser validados em condições de semi-campo e campo, uma vez que os resultados são determinados a partir de modelos matemáticos e vários fatores bióticos e

abióticos podem influenciar o comportamento do inseto sob condições naturais (Tauber *et al.*, 2000).

As exigências térmicas e o zoneamento climático para as quatro espécies de crisopídeos aqui determinadas disponibilizam informações úteis para liberação destes predadores tanto em casas de vegetação como em condições de campo visando o Manejo Integrado de Pragas. Além disso, auxilia na previsão de uma produção massal de insetos, já que, utilizando-se os valores de Tb e K é possível estimar o ciclo de vida do inseto. Por outro lado, são necessários estudos complementares como relações tritróficas predador-presa-hospedeiro (Gómez-Torres *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2016) para facilitar a compreensão do comportamento destes predadores e obter sucesso no controle biológico de pragas.

4.5. Conclusões

- No estado de São Paulo para a espécie *Ce. cincta* pode ocorrer de <6,17 a > 11,10 gerações /ano; para *Ce. cubana* <5,08 a > 11,12 gerações/ano; para *Ce. paraguaria* <5,49 a > 10,97 e para *Ch. externa* <7,22 a > 14,17.
- O número de gerações é maior nas regiões mais quentes do que nas regiões mais frias.
- A espécie *Ch. externa* pode ocorrer em regiões com temperaturas amenas a frias até quentes, já *Ce. cincta* pode ser mais adequada a climas amenos a frios, *Ce. cubana* a regiões quentes e *Ce. paraguaria* a regiões com temperaturas intermediárias.

Referências

- ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): Life History and Potential for Biological Control in Central and South America. **Biological Control**, v. 4, n. 1, p. 8-13, 1994. ISSN 1049-9644. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964484710024>>.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: < <http://www.ingentaconnect.com/content/schweiz/mz/2013/00000022/00000006/art00008>>.
- .Disponível em: < <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507> >.

- AUAD, A. M.; SANTOS, J. C.; FONSECA, M. G. Effects of temperature on development and survival of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) fed on *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae). **Florida entomologist**, v. 97, n. 4, p. 1353-1363, 2014.
- BARBOSA, L. R. et al. Efficiency of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in the *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) population reduction in sweet pepper (*Capsicum annum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1113-1119, 2008. ISSN 1413-7054.
- BERGANT, K.; TRDAN, S. How reliable are thermal constants for insect development when estimated from laboratory experiments? **Entomologia experimentalis et applicata**, v. 120, n. 3, p. 251-256, 2006. ISSN 1570-7458.
- BEZERRA, C. E. S. et al. Biology and thermal requirements of *Chrysoperla genanigra* (Neuroptera: Chrysopidae) reared on *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs. **Biological Control**, v. 60, n. 2, p. 113-118, 2012. ISSN 1049-9644. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964411003227> >.
- BOLZAN, A. et al. Development of *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) under constant temperatures and field validation of a laboratory model for temperature requirements. **Crop Protection**, v. 100, p. 38-44, 2017. ISSN 0261-2194.
- BOOPATHI, T. et al. Distribution and biology of *Mallada desjardinsi* (Neuroptera: Chrysopidae) in India and its predatory potential against *Aleurodicus dispersus* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Journal of economic entomology**, v. 109, n. 5, p. 1988-1994, 2016. ISSN 1938-291X.
- COSTA-LIMA, T. C. D.; CHAGAS, M. C. M. D.; PARRA, J. R. P. Temperature-dependent development of two neotropical parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 245, 2014. ISSN 1536-2442.
- de FREITAS BUENO, R. C. O.; PARRA, J. R. P.; DE FREITAS BUENO, A. Biological characteristics and thermal requirements of a Brazilian strain of the parasitoid *Trichogramma pretiosum* reared on eggs of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatilis*. **Biological Control**, v. 51, n. 3, p. 355-361, 2009. ISSN 1049-9644.
- de OLIVEIRA, R. L. et al. Life history parameters and feeding preference of the green lacewing *Ceraeochrysa cubana* fed with virus-free and potato leafroll virus-infected *Myzus persicae*. **BioControl**, v. 61, n. 6, p. 671-679, 2016. ISSN 1386-6141.

- 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**, p. 447-450, 2004. ISSN 1519-566X.
- FONSECA, A. R. et al. Development and predatory capacity of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae at different temperatures. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 41, n. 1, p. 4-11, 2015. ISSN 0120-0488.
- FREITAS, S. de.; PENNY, N. D. The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agro-ecosystems. **Proceedings of the California Academy of Sciences**, San Francisco, v. 52, p. 245-395, 2001
- GÓMEZ-TORRES, M. L.; NAVA, D. E.; PARRA, J. R. P. Thermal hygrometric requirements for the rearing and release of *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera, Eulophidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 58, n. 3, p. 291-295, 2014. ISSN 0085-5626.
- HADDAD, M. L.; PARRA, J. R. P.; MORAES, R. C. B. **Método para estimar os limites térmicos e a faixa ótima de desenvolvimento das diferentes fases do ciclo evolutivo de insetos**. Piracicaba: FEALQ, p.12 p. 1999
- HAGLEY, E. A. C. Release of *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) for control of the green apple aphid, *Aphis pomi* degeer (Homoptera: Aphididae). **The Canadian Entomologist**, v. 121, n. 4-5, p. 309-314, 1989. ISSN 0008-347X. Disponível em: < <https://www.cambridge.org/core/article/release-of-chrysoperla-carnea-stephens-neuroptera-chrysopidae-for-control-of-the-green-apple-aphid-aphis-pomi-degeer-homoptera-aphididae/722AD3FEA751BA40CE7B25CE0CB78AC6> >.
- HARUYAMA, N. et al. Developmental Time and Survival of Trash-Carrying Versus Naked Green Lacewings, With Implications for Their Utility as Augmentative Biological Control Agents. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 105, n. 6, p. 846-851, 2012. ISSN 0013-8746. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1603/AN12003> >.
- HONEK, A. Geographical variation in thermal requirements for insect development. **EJE**, v. 93, n. 3, p. 303-312, 1996. ISSN 12105759. Disponível em: <<https://www.eje.cz/artkey/eje-199603-0002.php> >.
- KAZEMI, F.; MEHRNEJAD, M. Seasonal occurrence and biological parameters of the common green lacewing predators of the common *pistachio psylla*, *Agonoscena pistaciae* (Hemiptera: Psylloidea), **European Journal of Entomology**, v. 108, n. 1, p. 63, 2011. 2011. 63-70.

- LÓPEZ-ARROYO, J. I.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. Comparative life histories of the predators *Ceraeochrysa cincta*, *C. cubana*, and *C. smithi* (Neuroptera: Chrysopidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 92, n. 2, p. 208-217, 1999. ISSN 1938-2901.
- MAIA, W.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Exigências térmicas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861)(Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) em condições de laboratório. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 1, p. 81-86, 2000.
- MARTÍNEZ-GARCÍA, H. et al. Temperature-dependent development of *Macrolophus pygmaeus* and its applicability to biological control. **BioControl**, v. 62, n. 4, p. 481-493, 2017. ISSN 1573-8248. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9798-8> >.
- MILANEZ, J. M. et al. Ecological zoning of *Dilobopterus costalimai* Young, *Oncometopia falcialis* young and *Acrogonia citrina* Marucci & Cavichioli (Hemiptera: Cicadellidae) for the Santa Catarina State, Brazil. **Neotropical entomology**, v. 34, n. 2, p. 297-302, 2005. ISSN 1519-566X.
- MORAIS, R. M. D.; BARCELLOS, A.; REDAELLI, L. R. Insetos predadores em copas de *Citrus deliciosa* (Rutaceae) sob manejo orgânico no sul do Brasil. Iheringia, **Serie Zoologia**. Porto Alegre, v. 96, n. 4, p. 419-424, 2006. ISSN 0073-4721.
- NAKAHIRA, K.; NAKAHARA, R.; ARAKAWA, R. Effect of temperature on development, survival, and adult body size of two green lacewings, *Mallada desjardinsi* and *Chrysoperla nipponensis* (Neuroptera: Chrysopidae). **Applied entomology and zoology**, v. 40, n. 4, p. 615-620, 2005. ISSN 0003-6862.
- NAVA, D. E.; DE LARA HADDAD, M.; PARRA, J. R. P. Exigências térmicas, estimativa do número de gerações de *Stenomacrus catenifer* e comprovação do modelo em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 10, p. 961-967, 2005. ISSN 1678-3921.
- NEVES, A. D. et al. Temperature requirements and generation number estimates of croton mealybug reared in Rangpur lime. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 791-796, 2010. ISSN 0100-204X.
- NONDILLO, A. et al. Exigências térmicas e estimativa do número de gerações anuais de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) em morangueiro. **Neotropical entomology**, v. 37, n. 6, p. 646-650, 2008. ISSN 1519-566X.

- PAPPAS, M. L.; BROUFAS, G. D.; KOVEOS, D. S. Effect of relative humidity on development, survival and reproduction of the predatory lacewing *Dichochrysa prasina* (Neuroptera: Chrysopidae). **Biological Control**, v. 46, n. 2, p. 234-241, 2008. ISSN 1049-9644. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964408000893>>.
- PAPPAS, M. L. et al. Developmental temperature responses of *Chrysoperla agilis* (Neuroptera: Chrysopidae), a member of the European carnea cryptic species group. **Biological Control**, v. 64, n. 3, p. 291-298, 2013. ISSN 1049-9644. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964412002654>>.
- PAPPAS, M. L.; KOVEOS, D. S. Life-History Traits of the Predatory Lacewing *Dichochrysa prasina* (Neuroptera: Chrysopidae): Temperature-Dependent Effects When Larvae Feed on Nymphs of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 104, n. 1, p. 43-49, 2011. ISSN 0013-8746. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1603/AN10036>>.
- PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 420-429, 2014. ISSN 0103-9016.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, R. **A language an environment for statistical computing. R foundation for statistical computing**. Vienna, Austria 2017.
- RODRIGUES, C. A. et al. Dynamics and predation efficiency of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Enneothrips flavens* (Thysanoptera: Thripidae). **Florida entomologist**, v. 97, n. 2, p. 653-658, 2014.
- RODRIGUES, W. C.; CASSINO, P. C. R.; SILVA-FILHO, R. Ocorrência e distribuição de crisopídeos e sirfídeos, inimigos naturais de insetos-pragas de citros no Estado do Rio de Janeiro. **Agronomia**, v. 38, n. 1, p. 83-87, 2004.
- RUGNO, G. R. **Seletividade de inseticidas utilizados na cultura dos citros ao predador *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861)(Neuroptera: Chrysopidae), desenvolvimento em diferentes temperaturas e diversidade de crisopídeos em propriedades com manejo intensivo e convencional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)**. Tese (Mestrado em Entomologia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo. 2013.
- RUGNO, G. R. et al. Impact of insect growth regulators on the predator *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). **Ecotoxicology**, v. 25, n. 5, p. 940-949, 2016. ISSN 1573-3017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10646-016-1651-9>>.

- RUGNO, G. R.; ZANARDI, O. Z.; YAMAMOTO, P. T. Are the Pupae and Eggs of the Lacewing *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae) Tolerant to Insecticides? **Journal of economic entomology**, v. 108, n. 6, p. 2630-2639, 2015. ISSN 1938-291X.
- SILVA, P. S. et al. Life history of a widespread Neotropical predator, *Chrysopodes* (*Chrysopodes*) *lineafrons* (Neuroptera: Chrysopidae). **Biological Control**, v. 41, n. 1, p. 33-41, 2007. ISSN 1049-9644. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964406003136>>.
- SILVA, R. A. et al. Flutuação populacional de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em cafeeiros conduzidos em sistemas orgânico e convencional. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, v. 77, p. 44-49, 2006. ISSN 1659-0082.
- SORRIBAS, J. et al. Abundance, movements and biodiversity of flying predatory insects in crop and non-crop agroecosystems. **Agronomy for sustainable development**, v. 36, n. 2, p. 34, 2016. ISSN 1774-0746.
- SOUZA, B.; CARVALHO, C. F. Population dynamics and seasonal occurrence of adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in a citrus orchard in Southern Brazil. **Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, v. 48, n. 2, p. 301-310, 2002.
- STELZL, M.; DEVETAK, D. Neuroptera in agricultural ecosystems. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 74, n. 1, p. 305-321, 1999. ISSN 0167-8809.
- TAUBER, M. J.; TAUBER, C. A. Life History Traits of *Chrysopa carnea* and *Chrysopa rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae): Influence of Humidity. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 76, n. 2, p. 282-285, 1983. ISSN 0013-8746. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/aesa/76.2.282>>.
- TAUBER, M. J. et al. Commercialization of predators: recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: Chrysoperla). **American Entomologist**, v. 46, n. 1, p. 26-38, 2000. ISSN 2155-9902.
- TRUDGILL, D. L. et al. Thermal time – concepts and utility. **Annals of Applied Biology**, v. 146, n. 1, p. 1-14, 2005. ISSN 1744-7348. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.04088.x>>.
- VAN LENTEREN, J. C. et al. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v. 63, p. 1-21, 2017. ISSN 1386-6141.

- VASANTHAKUMAR, D.; BABU, A. Life table and efficacy of *Mallada desjardinsi* (Chrysopidae: Neuroptera), an important predator of tea red spider mite, *Oligonychus coffeae* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and applied acarology**, v. 61, n. 1, p. 43-52, 2013. ISSN 0168-8162.
- YAMAMOTO, P. T.; BASSANEZI, R. B. Seletividade de produtos fitossanitários aos inimigos naturais de pragas dos citros. **Laranja**, v. 24, n. 2, p. 353-382, 2003.