



MARÍLIA MICKAELE PINHEIRO CARVALHO

**POTENCIAL DE *CHRYSOPERLA EXTERNA* NO CONTROLE
DE *PLANOCOCCUS CITRI* E *MACROSIPHUM ROSAE*
PROVENIENTES DE ROSEIRAS**

**LAVRAS-MG
2021**

MARÍLIA MICKAELE PINHEIRO CARVALHO

POTENCIAL DE *CHRYSOPERLA EXTERNA* NO CONTROLE DE *PLANOCOCCUS CITRI* E *MACROSIPHUM ROSAE* PROVENIENTES DE ROSEIRAS

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Doutor.

Profa. Dra. Brígida de Souza
Orientadora

**LAVRAS-MG
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Carvalho, Marília Mickaele Pinheiro.

Potencial de *Chrysoperla externa* no controle de *Planococcus citri* e *Macrosiphum rosae* provenientes de roseiras / Marília Mickaele Pinheiro Carvalho. - 2021.

98 p. : il.

Orientador(a): Brígida Souza.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2021.
Bibliografia.

1. Relação predador-presa. 2. Atividade predatória. 3.
Qualidade da presa. I. Souza, Brígida. II. Título.

MARÍLIA MICKAELE PINHEIRO CARVALHO

POTENCIAL DE *CHRYSOPERLA EXTERNA* NO CONTROLE DE *PLANOCOCCUS CITRI* E *MACROSIPHUM ROSAE* PROVENIENTES DE ROSEIRAS

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 29 de outubro de 2021.

Dr. Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi - UFLA
Dra. Livia Mendes de Carvalho da Silva - EPAMIG
Dra. Ana Luiza Viana de Sousa - Rutgers
Dra. Rosangela Cristina Marucci - UFLA

Profa. Dra. Brígida de Souza
Orientadora

**LAVRAS-MG
2022**

Aos meus pais e meu esposo Daniel por todo amor e confiança depositada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, por me abençoar, perdoar e guiar.

Aos meus grandes amores, mainha (Elza Pinheiro) e painho (João Batista), escolhidos por Deus para me trazer ao mundo. Gratidão por entenderem, incentivarem, se doarem, acolherem, pelo sustento, educação, em fim por tudo!

Ao meu marido Daniel, pelo apoio, conselhos, por caminhar junto comigo por todos os dias até o fim das nossas vidas, te amo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em particular o Departamento de Entomologia (DEN), pela infraestrutura, pluralidade e oportunidade ímpar de realização do meu doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

À minha querida orientadora professora Dra. Brígida Souza, por todo entendimento, escuta, carinho, ensinamento, puxão de orelha e pela orientação durante o doutorado. Sua menininha lhe agradece demais e saiba que pode contar comigo, grande xero!

À Maria Luisa, Maísa, Lítissa, Maria Eduarda, Layla e Bruna por me auxiliarem na condução dos experimentos e segurarem a peteca junto comigo, gratidão meninas!

Aos técnicos, Luciano, Raul, Pablo, e em especial a Elaine, por auxiliarem durante o doutorado.

Aos meus professores do DEN, por compartilharem o conhecimento com maestria e atenção perante os discentes.

Às secretarias do DEN, Isabel e Lisiane por toda paciência e apoio.

À todos os funcionários do DEN, em especial Adriana pelo auxílio e atenção comigo.

Ao Núcleo de Estudo em Entomologia, que proporcionou troca de experiências, conhecimentos e amizades, em especial a coordenadora professora Rosângela!

Ao laboratório de controle biológico com Entomófagos (LCBE), em especial Emanuel, Laodicéia e Jailma, pelo convívio e troca de conhecimentos.

Aos meus colegas de pós-graduação, incluindo o estimado Marvin Pec, pelos auxílios na estatística junto com Kelly e estarem sempre dispostos a ajudar.

Aos meus amigos da jogatina, Lívia, Lara, Evanise, Antônio, Layla e dona Neide (*in memoriam*), por todas as risadas, descontrações, entendimentos e momentos maravilhosos que passamos juntos. Dona Neide, obrigada pelo carinho e acolhimento! Estará para sempre no meu coração.

Ao grupo entomobola, representado por Josélia, Júlia, Ana Paula, Mariana, Karolina, Anna Mara, Julius, Luana, Kênia, Jéssica, Eliana (Léia), pelas risadas e leveza.

Aos meus irmãos, Maurílio e Anderson.

Aos meus avôs (*in memorian*), tios, tias, primas, primos, sogro Luís (*in memorian*) e cunhados.

Aos meus primos Dayana e Vitor Hugo, pela visita em Lavras.

À minha amiga de infância Denise por se fazer presente na minha vida e ter confiado a mim a missão de madrinha de Ana Vitória.

Ao meu cachorro Zak, pela alegria e amor que proporciona aos meus dias, melhor presente que meu pai nos proporcionou, guarda compartilhada com Daniel.

Por meus amigos de moradia, companhia, risadas e desabafos, Alan, Jéssica, Mayara e Rosamara.

Agradeço a todos!

RESUMO GERAL

O uso de inimigos naturais na redução populacional de artrópodes fitófagos em culturas agrícolas é amplamente difundido, mas poucas são as informações que abordam o uso de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) contra o pulgão *Macrosiphum rosae* (Hemiptera: Aphididae) e a cochonilha *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) provenientes de roseiras. Neste trabalho objetivou-se: 1) estudar o efeito das presas *P. citri*, *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) e *M. rosae*, fornecidas de forma combinada ou não, sobre as características biológicas e populacionais de *C. externa*; 2) determinar o consumo de ninfas de *P. citri* e a proporção predador-presa requerida para a eficácia predatória e sobrevivência das larvas sob diferentes densidades da presa; 3) avaliar o consumo de ninfas e adultos de *M. rosae* por *C. externa*, a eficiência predatória e a sobrevivência larval frente a diferentes proporções predador:presa, densidades e idades do pulgão. Os experimentos foram conduzidos na temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. As presas foram provenientes de roseiras cv. Avalanche. Verificou-se que o fornecimento de ovos de *E. kuehniella*, pelo menos no primeiro ínstar, proporcionou o desenvolvimento e garantiu maior viabilidade e produção de ovos em relação àquelas que consumiram, exclusivamente, ninfas de *P. citri*. De forma geral, o consumo de ninfas e adultos de *M. rosae* proporcionou bom desempenho do predador, similares ao tratamento composto por ovos de *E. kuehniella*. O consumo de pulgões e cochonilhas foi crescente ao longo do desenvolvimento larval de *C. externa*. Proporções predador:presa mais elevadas contra cochonilhas e pulgões jovens acarretaram em maior eficiência predatória, porém, menor sobrevivência das larvas. Concluiu-se que a cochonilha *P. citri* é uma presa adequada para o desenvolvimento e reprodução de *C. externa* quando as larvas de primeiro ínstar forem alimentadas com ovos de *E. kuehniella*. O pulgão *M. rosae* é em uma presa adequada para o predador quando fornecido durante todo o período larval ou a partir do segundo ínstar, tendo sido alimentado com ovos de *E. kuehniella* no primeiro ínstar. Larvas de terceiro ínstar consomem maior quantidade de cochonilhas e pulgões que os demais instares e maior número de pulgões jovens em relação aos mais velhos. Larvas de segundo ínstar de *C. externa* utilizadas na proporção 1:10 são mais eficientes na redução populacional de *P. citri* e apresentam elevada e moderada sobrevivência após 24 e 48 horas de interação com a presa, respectivamente. As proporções 1:5 e 1:10 propiciaram a eliminação das populações de pulgões jovens e mais velhos de *M. rosae* após 72 horas da exposição entre as espécies. Concluiu-se que larvas de *C. externa* têm potencial de reduzir populações de *P. citri* e *M. rosae*, podendo ser selecionadas para o manejo dessas pragas em cultivos de rosas.

Palavras-chave: Controle biológico. Crisopídeo. Pulgão. Cochonilha. Plantas ornamentais.

GENERAL ABSTRACT

The use of natural enemies to reduce phytophagous arthropod populations in crops is widespread. However, there is little information on the use of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) against the aphid *Macrosiphum rosae* (Hemiptera: Aphididae) and the mealybug *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) associated with rose bushes. The objectives of this work were 1) to study the effect of the preys *P. citri*, *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae), and *M. rosae*, provided in combination or not, on the biological and population characteristics of *C. externa*; 2) determine the consumption of *P. citri* nymphs and the predator-prey ratio required for predatory efficacy and larvae survival under different prey densities; 3) to evaluate the consumption of *M. rosae* nymphs and adults by *C. externa*, predatory efficiency and larval survival against different predator:prey ratios, aphid densities and ages. The experiments were carried out at the temperature of $25 \pm 1^\circ\text{C}$, relative humidity of $70 \pm 10\%$, and a 12-hour photophase. The prey derived from rose bushes cv. Avalanche. The supply of *E. kuehniella* eggs, at least in the first instar, provided the development and ensured greater viability and production of eggs compared to those that consumed *P. citri* nymphs, exclusively. In general, the consumption of *M. rosae* nymphs and adults provided the predator performance, similar to the treatment consisting of *E. kuehniella* eggs. The consumption of aphids and mealybugs increased throughout the larval development of *C. externa*. Higher predator:prey proportions against mealybugs and young aphids resulted in greater predatory efficiency but lower larvae survival. We found that the mealybug *P. citri* is a suitable prey for the development and reproduction of *C. externa* when the first instar larvae are fed on *E. kuehniella* eggs. When supplied throughout the larval period or from the second instar, the aphid *M. rosae* is a suitable prey for the predator, having been fed on *E. kuehniella* eggs in the first instar. Third instar larvae consume more mealybugs and aphids than other instars and a higher number of young aphids compared to older ones. Second instar larvae of *C. externa* used in a 1:10 ratio are more efficient in reducing the *P. citri* population and present high and moderate survival after 24 and 48 hours of interaction with the prey, respectively. The 1:5 and 1:10 proportions provided the elimination of young and older aphid populations of *M. rosae* after 72 hours of exposure between species. In conclusion, *C. externa* larvae can reduce *P. citri* and *M. rosae* populations and be selected for the management of these pests in rose crops.

Keywords: Biological control. Chrysopid. Aphid. Mealybug. Ornamental plants.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE.....	11
INTRODUÇÃO GERAL.....	11
REFERÊNCIAS.....	13
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS.....	16
ARTIGO 1 – Ovos de <i>Ephestia kuehniella</i> mudam a história de vida de <i>Chrysoperla externa</i> alimentada com ninfas e adultos de <i>Planococcus citri</i> ?.....	16
ARTIGO 2 – Implicações do consumo de <i>Macrosiphum rosae</i> e <i>Ephestia kuehniella</i> na história de vida de <i>Chrysoperla externa</i>	38
ARTIGO 3 – Sobrevivência: o dilema da relação trófica entre <i>Chrysoperla externa</i> e <i>Planococcus citri</i> associados a roseiras.....	59
ARTIGO 4 – Relações inter e intraespecífica envolvendo <i>Macrosiphum rosae</i> (Hemiptera: Aphididae) e <i>Chrysoperla externa</i> (Neuroptera: Chrysopidae) associados à roseira.....	76
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98

PRIMEIRA PARTE

INTRODUÇÃO GERAL

Durante o processo de produção comercial de rosas há um controle rígido de qualidade, visando minimizar as perdas e garantir um produto de alto valor estético. Ainda assim, diversos problemas fitossanitários acometem a cultura, como o ataque de insetos, entre os quais se ressaltam *Frankliniella occidentalis* Pergande, 1895 (Thysanoptera: Thripidae), *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889 (Hemiptera: Aleyrodidae), *Macrosiphum rosae* Linnaeus, 1758 (Hemiptera: Aphididae), *Planococcus citri* Risso, 1813 (Hemiptera: Pseudococcidae) e outros (CARVALHO et al., 2012).

A ocorrência de *P. citri* em roseira no Brasil é sazonal, embora seja considerada uma praga primária da cultura (Bígida Souza, comunicado pessoal). Esse inseto causa danos advindos da sucção de seiva, o que retarda o desenvolvimento das plantas e ocasiona o amarelecimento e queda prematura das folhas (Marília Carvalho, comunicação pessoal). O pulgão *M. rosae* possui ocorrência mundial, principalmente em roseiras (CABI, 2021), e ocasiona injúrias como encarquilhamento, queda das folhas, anomalias dos botões florais e raquitismo das plantas. Além disso, os pulgões são vetores de vírus capazes de matar a planta (JEVREMOVIĆ; PAUNOVIĆ; PETROVIĆ-OBRAĐOVIĆ, 2016).

Tanto *P. citri* quanto *M. rosae* excretam substâncias açucaradas (“honeydew”) sobre as quais podem aderir poeira e detritos. Além disso, esse substrato adocicado serve como local para o desenvolvimento de fungos negros que recobrem as superfícies atingidas da planta e impedem a fotossíntese, o que resulta na redução do valor comercial dos botões florais e na debilidade das plantas (SINGH; SINGH, 2016). O controle desses insetos exige dos agricultores esforços extras para que a comercialização de rosas não seja afetada. Quando em altas populações, as pragas da roseira são, em geral, controladas com produtos químicos, muitas vezes aplicados de forma abusiva, o que leva à problemas diversos, como, por exemplo, a seleção de populações resistentes (VENKATESAN et al., 2016).

O controle de *P. citri* com inseticidas é laborioso e ineficiente, pois a cochonilha esconde-se em frestas do caule, na bainha das folhas e outros lugares pouco acessíveis da planta. Ademais, os pseudococídeos são protegidos por uma camada espessa de ceras produzida por glândulas especializadas (JOYCE et al., 2001; SANTA-CECÍLIA; PRADO; MORAES, 2014).

A inexistência de produtos fitossanitários registrados para o controle de *M. rosae* e *P. citri* em roseira (AGROFIT, 2021) levou à busca e implementação de outras práticas de controle. O método biológico consiste em uma estratégia de manejo ecologicamente correto, que assegura níveis desejáveis de sustentabilidade. Trata-se de um método bem aceito pelos produtores de rosas, que, atualmente, encontram um leque relativamente amplo de produtos disponíveis no mercado de bioagentes (SOUZA; MARUCCI, 2021).

Dentre os agentes entomófagos, os predadores são comumente utilizados para controle de artrópodes em roseiras e várias espécies já são comercializadas para esse fim (SOUZA; MARUCCI, 2021). *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) é um predador de ocorrência Neotropical e encontrado naturalmente em agroecossistemas brasileiros auxiliando na redução populacional de diversas espécies de pragas (CARVALHO; SOUZA, 2009). Essa espécie já foi estudada para uso contra diversas pragas da cultura da roseira (GAMBOA; SOUZA; MORALES, 2016; PEREIRA, 2020; SOARES, 2014), porém, são poucas as informações sobre a interação entre esse predador e a cochonilha *P. citri* e com o pulgão *M. rosae*, as quais poderiam maximizar o uso do controle biológico e promover a eficiência do controle dessas pragas.

Vários resultados de pesquisas evidenciam o consumo de *P. citri* provenientes de batata (*Solanum tuberosum* Linnaeus, 1753) cv. Monalisa por larvas de *C. externa* (CARVALHO et al., 2008) e a influência negativa dessa cochonilha sobre a biologia de *C. externa* (BEZERRA, 2014; BEZERRA et al., 2006; PEDRO NETO et al., 2008; BONANI et al., 2009), entretanto, não foram encontrados registros bibliográficos que consideram os estádios do desenvolvimento larval do predador que são utilizados na liberação para controle das pragas. Geralmente se libera *C. externa* nas fases de ovo ou larva (2º ínstar) uma vez que os adultos geralmente abandonam a área onde são liberados antes de colocarem ovos (NORDLUND; COHEN; SMITH, 2001). Para serem liberadas no segundo ínstar, as larvas geralmente se alimentam com ovos de *E. kuehniella*, alimento comprovadamente adequado para a performance de *C. externa* em laboratório (CARVALHO; SOUZA, 2009).

Para que a utilização de um inimigo natural seja implementada contra uma determinada praga, é necessário conhecer seus atributos biológicos, eficiência de busca, resposta a diferentes densidades da presa, potencial de redução da praga, além de outros, que garantam o sucesso do controle (PARRA et al., 2015; VAN LENTEREN; MANZAROLI, 1999). O tamanho da presa e do predador, tempo de exposição entre as espécies e proporções predador:presa são fatores que também interferem na quantidade de presas ingeridas

(BARBOSA et al., 2008; MOREIRA et al., 2019; SOUZA; VÁZQUEZ; MARUCCI et al., 2019).

Considerando-se a importância econômica e social da produção de rosas, os problemas ocasionados por esses fitófagos associados ao cultivo e a possibilidade do uso de inimigos naturais como agentes de controle, buscou-se conhecer alguns aspectos das interações entre *C. externa* e as presas *P. citri* e *M. rosae*. A influência dessas presas sobre a biologia, parâmetros populacionais e consumo do predador, o impacto de diferentes idades de *M. rosae* sobre o consumo do crisopídeo e de densidades distintas das presas e do predador sobre a eficiência predatória e sobrevivência de *C. externa*.

Esses estudos assumem importância ainda maior num momento em que, não apenas a produção de alimentos, mas, também, a floricultura, tem buscado por medidas sustentáveis aplicadas ao processo produtivo (SOUZA; MARUCCI, 2021). Assim, a necessidade de prospecção de novos agentes de controle biológico e avaliação da sua eficácia na regulação populacional de pragas é uma realidade. Diante disso, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar o potencial de *Chrysoperla externa* no controle da cochonilha *P. citri* e do pulgão *M. rosae*, provenientes de roseiras. Investigou-se o efeito das presas *E. kuehniella* e/ou *P. citri*, e *E. kuehniella* e/ou *M. rosae* sobre os aspectos biológicos e populacionais de *C. externa*, além da capacidade de consumo, eficiência predatória e sobrevivência larval de *C. externa* sobre ninfas de *P. citri* e de ninfas e adultos de *M. rosae*.

Esses estudos servirão de base para a possível recomendação desse predador como produto biológico contra *P. citri* e *M. rosae* e, ainda, sendo uma espécie compatível com outras ferramentas de controle de pragas (CASTILHOS et al., 2017; DIAS et al., 2019; MACHADO et al., 2019), *C. externa* poderá ser utilizado como um componente do Manejo Integrado de Pragas (MIP) na produção de rosas.

REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 02 de maio de 2021. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

BARBOSA, L. R. et al. Eficiência de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) no controle de *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) em pimentão (*Capsicum annum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n.4 p. 1113-1119, 2008.

BEZERRA, G. C. D. **Aspectos biológicos e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Planococcus citri* (Risso,**

1813) (Hemiptera: Pseudococcidae). 2014. 78p. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, 2014.

BEZERRA, G. C. D. et al. Aspectos biológicos da fase adulta de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) oriunda de larvas alimentadas com *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 603-610, 2006.

BONANI, J. P. et al. Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) e *Toxoptera citricida* (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 31-38, 2009.

CABI. Invasive Species Compendium. Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide. ***Macrosiphum rosae* (Linnaeus, 1758)**. CABI international: Wallingford, UK. Available online: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/32155> (accessed on 03 May 2021).

CARVALHO, C. F. et al. Biological aspects and predatory capacity of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) fed on *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae). In: **Proceedings of the 7th International Conference on Integrated Fruit Production**. Avignon, France, 2008. p. 374.

CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: BUENO, V. H. P. (Ed.). **Controle Biológico de Pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, p. 77-115, 2009.

CARVALHO, L. M. et al. Principais pragas em cultivo de roseira: reconhecimento e controle. **Circular Técnica**, Belo Horizonte: EPAMIG, n. 157, 2012.

CASTILHOS, R. V. et al. Selectivity of insecticides used in peach farming to larvae of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) in semi-field conditions. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2017.

DIAS, P. M. et al. Interactions between fungal-infected *Helicoverpa armigera* and the predator *Chrysoperla externa*. **Insects**, v. 10, n. 10, p. 309, 2019.

GAMBOA, S.; SOUZA, B.; MORALES, R. Predatory activity of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) in *Rosa* sp. crop. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 42, n. 1, p. 54-58, 2016.

JEVREMOVIĆ, D.; PAUNOVIĆ, S. A.; PETROVIĆ-OBRAĐOVIĆ, O. Flight dynamics and species composition of aphids landing on plum and apricot leaves in the orchards in Western Serbia. **Phytoparasitica**, v. 44, n. 4, p. 501-511, 2016.

JOYCE, A. L. et al. Oviposition behavior of *Coccidoxenoides peregrinus*, a parasitoid of *Planococcus ficus*. **Entomologia Experimentalis et applicata**, v. 98, n. 1, p. 49-57, 2001.

MACHADO, A. V. A et al. Selective insecticides secure natural enemies action in cotton pest management. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 184, p. 109669, 2019.

MOREIRA, M. D. et al. Predation of *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) on *Hyadaphis foeniculi* (Passerini) (Hemiptera: Aphididae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, p. 1-6, 2019.

NORDLUND, D. A.; COHEN, A. C.; SMITH, R. A. Mass-rearing, release techniques, and augmentation. In: MCEWEN, P. K.; NEW, T. R.; WHITTINGTON, A. E. (Ed.). **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 303-319.

PARRA, J. R. P. et al. Trichogramma as a tool for IPM in Brazil. In: VINSON, B.; GREENBERG, S. M.; LIU, T.; RAO, A.; VOLOSCIUK, L. F. (Eds.). **Augmentative Biological Control Using *Trichogramma* spp.:** Current Status and Perspectives. Northwest A & F University Press, Shaanxi, China, p. 472-496, 2015.

PEDRO NETO, M.; CARVALHO, C. F.; REIS, P. R.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; SOUZA, B.; ALCANTRA, E.; SILVA, R. A. Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen) predando *Oligonychus ilicis* (McGregor) e *Planococcus citri* (Risso). **Coffee Science**, v.3, n.2, 2008.

PEREIRA, L. L. **Controle biológico em roseiras: avaliação do predador *Chrysoperla externa* na redução populacional do afídeo *Rhodobium porosum***. 2020.76 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2020.

SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; PRADO, E.; MORAES, J. C. Avaliação do silício no comportamento alimentar da cochonilha branca [*Planococcus citri* (Risso) (Pseudococcidae)] em cafeeiro. **Coffee Science**, v. 9, n. 1, p. 10-13, 2014.

SINGH, R.; SINGH, G. Aphids and Their Biocontrol. In: OMKAR (Ed.). **Ecofriendly Pest Management for Food Security**. Lucknow, India, 2016. p.63-108.

SOARES, C. S. A. **Estudo de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) no controle de pragas em roseiras em cultivo protegido e biologia de *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae)**. 2014. 72 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SOUZA, B.; VÁZQUEZ, L. L.; MARUCCI, R. C. Predatory Insects. In: SOUZA, B.; SANTOS-CIVIDANES, T. M.; CIVIDANES, F. J.; de SOUSA, A. L. V. (Eds.). **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems**. Springer International Publishing, p. 73-87, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-24733-1

SOUZA, B.; MARUCCI, R. C. Biological control in ornamental plants: from basic to applied knowledge. **Ornamental Horticulture**, v. 27, n. 2, p. 255-267, 2021.

VAN LENTEREN, J. C.; MANZAROLI, G. Evaluation and use of predators and parasitoids for biological control of pests in greenhouses. In: **Integrated pest and disease management in greenhouse crops**. Kluwer Academic Publishers, 1999. p. 183-201.

VENKATESAN, T.; JALALI, S. K.; RAMYA, S. L.; PRATHIBHA, M. Insecticide resistance and its management in mealybugs. In: MANI, M.; SHIVARAJU, C. (eds). **Mealybugs and their management in agricultural and horticultural crops**. Springer, India, 2016, p. 223–229.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

Artigo 1 – Ovos de *Ephestia kuehniella* mudam a história de vida de *Chrysoperla externa* alimentada com ninfas e adultos de *Planococcus citri*?

Marília Mickaele Pinheiro Carvalho^{1*}, Lítissa Aparecida Corrêa Reis¹, Maria Luísa Campos Pinheiro¹, Maísa Melo Moreira¹, Daniel Amorim Vieira², Brígida Souza¹

¹ Universidade Federal de Lavras-UFLA, Departamento de Entomologia, Campus Universitário, Caixa postal 3037, CEP 37200900, Lavras, MG, Brasil.

² Universidade Federal de Lavras-UFLA, Departamento de Biologia, Campus Universitário, caixa postal 3037, CEP 37200-900 - Lavras, MG- Brasil.

***Autor correspondente:** Marília Mickaele Pinheiro Carvalho. E-mail: marilia.mickaele@gmail.com

Artigo elaborado de acordo com as Normas da Revista Brasileira de Entomologia, o qual foi submetido após a tradução.

RESUMO

Diversas pesquisas têm mostrado a inadequabilidade da cochonilha *Planococcus citri* para a sobrevivência e reprodução de crisopídeos. Porém, há evidências científicas sobre a maior exigência das larvas de primeiro instar desses predadores com relação ao tipo de presa consumida. Objetivou-se avaliar o efeito do regime alimentar composto por ovos de *Ephestia kuehniella* e/ou *Planococcus citri* oferecido a larvas de primeiro instar de *C. externa* sobre os parâmetros biológicos e populacionais do predador. O experimento foi conduzido a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas. Os tratamentos testados foram: T1: Larvas alimentadas com ovos de *E. kuehniella* ao longo de todo seu desenvolvimento (EK - controle); T2: Larvas de primeiro instar alimentadas com ovos de *E. kuehniella* e demais ínstars com ninfas de *P. citri* (EK+PC); T3: Larvas alimentadas apenas com ninfas de *P. citri* (PC). As larvas supridas apenas com ninfas de *P. citri* apresentaram desenvolvimento imaturo estendido, baixa sobrevivência, adultos com peso e longevidade menores, fecundidade e viabilidade de ovos baixas e menor taxa líquida de reprodução (R_0). As larvas submetidas ao tratamento EK + PC responderam positivamente à dieta, apresentando resultados semelhantes aos obtidos no EK-controle. Portanto, a cochonilha *P. citri* é adequada para o desenvolvimento e reprodução de *C. externa* quando ofertada para larvas de segundo instar alimentadas com ovos de *E. kuehniella* no primeiro estágio. Este é o primeiro relato na literatura científica que correlaciona o tipo de alimento consumido em diferentes estádios larvais de crisopídeos, comumente liberados quando no segundo instar, com os seus parâmetros biológicos.

Palavras-chave: Crisopídeo, Cochonilha, Controle biológico aplicado, Qualidade da presa, Traça-da-farinha.

1 INTRODUÇÃO

2
3 A cochonilha *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) é uma
4 praga com importância econômica mundial, com ampla distribuição geográfica, sendo
5 encontrada em 161 países, e altamente polífaga por se alimentar de cerca de 242 espécies de
6 plantas, como as ornamentais, dentre elas roseiras (García Morales et al., 2016; Pillai, 2016;
7 Polat et al., 2008; Suh, 2020). Trata-se de um inseto sugador de seiva (Daane et al., 2012;
8 Mani e Shivaraju, 2016) que ocasiona descoloração, perda de vigor e queda das folhas (Santa-
9 Cecília et al., 2020; Marília M. P. Carvalho, comunicação pessoal). Suas excretas, o
10 “honeydew”, se desenvolvem o fungo (*Capnodium* sp.), conhecido como fumagina, que
11 recobre a planta impedindo a fotossíntese e reduzindo o valor comercial das flores (Copland
12 et al., 1985).

13 Nesse cenário, torna-se imprescindível o controle desse inseto, o que exige dos
14 agricultores esforços extras para manter a população de cochonilhas abaixo dos níveis de
15 danos estéticos (Brígida Souza, comunicação pessoal). Quando se trata de Manejo Integrado
16 de Pragas (MIP), o uso de agentes biológicos e a aplicação de produtos fitossanitários
17 destacam-se entre os métodos a serem utilizados. Entretanto, não há inseticidas registrados
18 para o controle de *P. citri* em roseira (Agrofit, 2021), o que incrementa, ainda mais, o controle
19 biológico como medida a ser adotada.

20 O predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) exerce
21 importante contribuição na regulação populacional de artrópodes pragas (Rodrigues-Silva et
22 al., 2017) por ser dotado de características essenciais em um inimigo natural, como alta
23 mobilidade, voracidade, elevada taxa de sobrevivência e reprodução (Carvalho e Souza,
24 2009). Vários resultados de pesquisa evidenciam a capacidade predatória de *C. externa*
25 associada a diversos insetos, como tripes (Espino et al., 2017; Luna-Espino; Jiménez-Pérez;
26 Castrejón-Gómez, 2020), ovos de lepidópteros e percevejos (Battel et al., 2017; Cuello et al.,
27 2019; Pacheco-Rueda et al., 2015; Pitwak et al., 2016), pulgões (Gamboa et al., 2016; Garzón
28 et al., 2015), moscas-brancas (Castro et al., 2016), e outros artrópodes.

29 As pesquisas sobre a biologia dos agentes de controle são uma etapa imprescindível
30 para o sucesso de um programa de controle biológico (Parra et al., 2015). Nesse sentido,
31 alguns resultados com vistas à liberação de ovos de *C. externa* próximos a eclosão, visando ao
32 controle de *P. citri*, evidenciaram a baixa adequabilidade dessa associação (Bonani et al.,
33 2009; Pedro Neto et al., 2008) revelada pela elevada mortalidade larval, que impossibilitava a
34 continuidade dos estudos das fases posteriores. No entanto, existem relatos sobre o uso desse

1 crisopídeo no controle de *P. citri* em roseiras (Brígida Souza, comunicação pessoal), o que
2 indica que não apenas o tipo de presa afeta o desenvolvimento e reprodução de insetos
3 predadores (Dhandapani et al., 2016; Principi e Canard, 1984), mas, as plantas hospedeiras
4 também têm importância nessa relação trófica (Adriano et al., 2010; Price et al., 1980; Silva et
5 al., 2004).

6 O estágio de desenvolvimento adequado predador para liberação nos cultivos agrícolas
7 visando ao controle de pragas também depende de resultados positivos de estudos que possam
8 embasar o sucesso das liberações. No caso dos crisopídeos, há evidências científicas sobre a
9 maior exigência das larvas de primeiro ínstar com relação ao tipo de presa consumida
10 (Bezerra et al., 2017). No caso dos crisopídeos, são recomendadas liberações de ovos ou de
11 larvas no 2º ínstar (Nordlund et al., 2001).

12 Nas criações em larga escala, desenvolvidas em países onde os crisopídeos já são
13 utilizados como agentes de controle há mais tempo, as larvas geralmente recebem ovos de
14 *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (Lepidoptera: Pyralidae) (Colares et al., 2015; Nunes et al.,
15 2017; Oliveira et al., 2016), alimento que também é adequado para *C. externa* (Dias et al.,
16 2018; Boregas et al., 2003; Garzón et al., 2015; Morando et al., 2014) e utilizados
17 multiplicação da espécie para fins comerciais no Brasil (Brígida Souza, personal
18 communication; JB Biotecnologia Agentes Biológicos, 2021).

19 Nesta pesquisa, testou-se a hipótese de que larvas de primeiro ínstar alimentadas com
20 ovos de *E. kuehniella* e demais ínstars com ninfas e adultos de *P. citri* garante um bom
21 desenvolvimento e reprodução do predador. Assim, objetivou-se avaliar o efeito das presas
22 *Planococcus citri* ou ovos de *Ephestia kuehniella* fornecida a larvas de primeiro ínstar de *C.*
23 *externa* sobre a biologia de imaturos e adultos.

24

25 MATERIAL E MÉTODOS

26

27 Local de estudo

28

29 O experimento foi conduzido no laboratório de Controle Biológico com Entomófagos
30 (LCBE), do Departamento de Entomologia (DEN), Escola de Ciências Agrárias de Lavras
31 (ESAL), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Minas Gerais. A criação dos insetos e o
32 bioensaio foram conduzidos a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotofase.

33

34 Cultivo das roseiras

1
2 As roseiras, pertencentes ao grupo “híbridas de chá” (*Rosa* spp. cv Avalanche,
3 coloração branca), foram adquiridas de um produtor (Flora Minas, Itapeva, MG) e cultivadas
4 em vasos (10L) em casa-de-vegetação. O substrato de plantio foi composto por terra e esterco
5 bovino (1:1) e realizada aplicação de fertilizantes minerais, orgânicos e irrigação quando
6 necessário.

7 8 **Obtenção e manutenção dos insetos**

9

10 A criação de *P. citri* foi estabelecida no DEN/ESAL/UFLA sobre abóboras (*Cucurbita*
11 *maxima* L.) cultivar Cabotchá, hospedeiro adequado para a criação desse inseto em
12 laboratório (Lepage, 1942). Posteriormente, fêmeas adultas com o ovissaco foram transferidas
13 para as roseiras para aí se multiplicarem e serem utilizadas no teste. Ovos de *E. kuehniella*
14 esterilizados foram adquiridos da empresa PROMIP – Manejo Integrado de Pragas®.

15 A criação de *C. externa* foi mantida no DEN/UFLA conforme a metodologia descrita
16 por Carvalho e Souza (2009), o qual as larvas foram alimentadas com ovos da presa
17 alternativa *E. kuehniella*, que é usada com sucesso na criação desse predador, e para os
18 adultos foram fornecidas água e uma dieta composta por levedo de cerveja e mel.

19 20 **Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* alimentada com ninfas e adultos de** 21 ***Planococcus citri* e/ou ovos de *Ephestia kuehniella***

22

23 As larvas de *C. externa* utilizadas nesse experimento foram provenientes de ovos com
24 até 24 horas de idade e provenientes da segunda geração dos insetos submetidos aos
25 tratamentos. Os tratamentos testados foram os seguintes: T1: larvas de primeiro, segundo e
26 terceiro ínstar alimentadas com ovos de *E. kuehniella* (EK- controle); T2: larvas de primeiro
27 ínstar alimentadas com ovos de *E. kuehniella* e o segundo e terceiro com ninfas e adultos de
28 *P. citri* (EK+PC); T3: larvas de primeiro, segundo e terceiro ínstar alimentadas com
29 cochonilhas (PC). As cochonilhas foram oriundas da criação estabelecida em roseiras.

30 Os ovos de *C. externa* foram individualizados em placas usadas em teste ELISA
31 (Enzyme Linked Immunono Sorbent Assay), com 96 poços. Após a eclosão, as larvas foram
32 transferidas para recipientes plásticos (5 cm diâmetro x 4,5 cm altura), com tampa contendo
33 uma abertura de 2 x 2 cm revestida por tecido tipo “voil”, o que proporcionou o isolamento do
34 organismo, mas permitiu as trocas gasosas. Esses recipientes tiveram o fundo revestido por

1 um disco de papel filtro (4,5 cm Ø) que serviu como local de abrigo e substrato para a limpeza
2 das peças bucais das larvas. Diariamente, eram adicionados ninfas e adultos da cochonilha *P.*
3 *citri* e ovos de *E. kuehniella* em número superior à capacidade de consumo das larvas do
4 predador, determinado em teste preliminar. As cochonilhas e os ovos não consumidos eram
5 substituídos por outros e os restos dos espécimes predados eram descartados. As larvas
6 permaneceram nesses recipientes até atingirem a fase adulta.

7 Após a emergência, os adultos foram identificados por sexo e pesados individualmente
8 em uma balança analítica (0,001g) (Marte AY220, Marte Balanças e Equipamentos de
9 Precisão Ltda). Em seguida, formaram-se casais os quais foram individualizados em gaiolas
10 cilíndricas de PVC (10 cm x 10 cm), revestidas internamente com papel sulfite branco que
11 serviu como substrato para oviposição. A água foi fornecida em algodão apoiado sobre uma
12 tampa plástica e a mesma dieta utilizada na criação de manutenção foi ofertada aos adultos do
13 bioensaio. A dieta foi fornecida em tiras de Parafilm[®] presas à parede da gaiola onde os
14 insetos tinham acesso continuamente. A extremidade superior das gaiolas foi fechada com
15 filme plástico de PVC e a base foi apoiada sobre uma bandeja plástica.

16 Em teste preliminar, observou-se emergência de maior número de fêmeas em relação
17 aos machos e, por isso, foi conduzida uma criação paralela cujas larvas foram submetidas aos
18 mesmos tratamentos e condições experimentais. Esse procedimento visou tão somente à
19 obtenção de machos “extras” para a formação de casais em número suficiente para a
20 condução dos testes com a fase adulta, não sendo considerados quanto aos parâmetros
21 avaliados nas fases imaturas e adultas.

22 Para a avaliação das variáveis referentes ao desenvolvimento e sobrevivência, os
23 crisopídeos de todos os tratamentos foram inspecionados diariamente até o final do período de
24 vida de cada um deles. No período preimaginal foram avaliadas: duração (dias) e
25 sobrevivência (%) da fase embrionária, de cada ínstar, das fases de pré-pupa, pupa e do
26 período preimaginal completo. Na fase adulta avaliaram-se: peso (mg) dos adultos ao
27 emergirem, razão sexual, obtida pela fórmula ($RS = n^{\circ} \text{ fêmeas} / n^{\circ} \text{ machos} + n^{\circ} \text{ fêmeas}$)
28 (Silveira Neto et al., 1976), períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição (dias),
29 produção diária e total de ovos (número de ovos), viabilidade dos ovos (%), longevidade de
30 adultos, longevidade e sobrevivência de fêmeas e machos (dias) e ciclo de vida (dias). Para
31 avaliação da viabilidade dos ovos, dez ovos de cada repetição, de cada um dos tratamentos,
32 eram coletados diariamente e individualizados em placas ELISA que eram, em seguida,
33 fechadas com filme de PVC transparente. A porcentagem de ovos viáveis foi calculada com
34 base no número de larvas eclodidas.

1 Os parâmetros populacionais avaliados foram: taxa intrínseca de crescimento (r_m
2 $= \sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} lxm x = 1$), taxa finita de crescimento ($\lambda = e^r$), taxa líquida de reprodução
3 ($Ro = \sum_{n=0}^{\infty} lxm x$) e o tempo médio de geração ($T = \frac{\ln(Ro)}{r}$) (Birch, 1948; Chi e Liu, 1985;
4 Chi, 1988; Goodman, 1982). As médias e os erros padrão dos parâmetros populacionais foram
5 estimados utilizando-se o método de Bootstrap, com 100.000 reamostragens e as diferenças
6 existentes foram analisadas pelo teste de Bootstrap pareado utilizando-se o programa
7 estatístico TWSEXMSChart (Chi, 2020; Efron e Tibshirani, 1993; Huang et al., 2018).

8 Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e 80
9 repetições cada. Todos os parâmetros foram submetidos aos pressupostos de análise de
10 variância (ANOVA), como a normalidade dos resíduos e homocedasticidade da variância,
11 através dos testes de Anderson-Darling e Bartlett, respectivamente, e as médias confrontadas
12 pelo teste de Tukey. Os dados que não atenderam os pressupostos da ANOVA foram
13 analisados pelo Modelo Linear Generalizado (GLM) ou pelo teste não paramétrico de
14 Kruskal-Wallis, e em caso significativo, as médias foram contrastadas pelos testes de Tukey e
15 de Dunn, respectivamente. Adotou-se o nível de significância de $p < 0,05$ para a detecção de
16 diferenças entre os tratamentos. Para o peso e longevidade dos adultos utilizou-se o esquema
17 fatorial (3 tipos de dieta alimentar x 2 sexos). Os dados obtidos para a longevidade foram
18 transformados em raiz quadrada.

19 Os dados de duração foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis e os dados de
20 sobrevivência para instares, estágios imaturos e razão sexual foram analisados por (GLM)
21 com modelo binomial, logit link e teste F. A viabilidade do ovo e o peso do adulto também
22 foram analisados pelo GLM, mas foram utilizados o modelo Gamma e o modelo de ligação
23 inversa. As curvas de sobrevivência de Kaplan-Meier referentes às fases imaturas, bem como
24 aquelas referentes à sobrevivência de machos e fêmeas de *C. externa*, foram comparadas pelo
25 teste de log-rang. Todas as análises foram realizadas no software estatístico R 3.3.1 (R Core
26 Team, 2019). Os pacotes estatísticos usados foram “nortest” (Gross e Ligges, 2015), “rstatix”
27 (Kassambara, 2021), “hnp” (Moral et al., 2018) e “emmeans” (Lenth et al., 2021).

28

29 **RESULTADOS**

30

31 **Desenvolvimento e sobrevivência preimaginal de *Chrysoperla externa* alimentada com**
32 **ovos de *Ephestia kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *Planococcus citri* na fase larval**

33

O consumo de ovos de *E. kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *P. citri* não afetou a duração da fase embrionária de *C. externa* ($p=0,369$), que foi, em média, de cinco dias. Entretanto, houve um prolongamento na duração do primeiro ($K= 151,95$; $df= 2$; $p < 0,001$), segundo ($K= 74,862$; $df= 2$; $p < 0,001$) e terceiro ínstar ($K= 142,12$; $df= 2$; $p < 0,001$), assim como nas fases de pré-pupa ($K= 28,992$; $df= 2$; $p < 0,001$) e pupa ($K= 6,2691$; $df= 2$; $p < 0,05$), quando as larvas foram alimentadas exclusivamente com a cochonilha, em todos os ínstars (T3-PC), em relação àquelas que foram supridas com cochonilhas somente a partir do segundo ínstar (T2-EK+PC) e as que se alimentaram somente de ovos de *E. kuehniella* (T1-EK) (Figura 1).

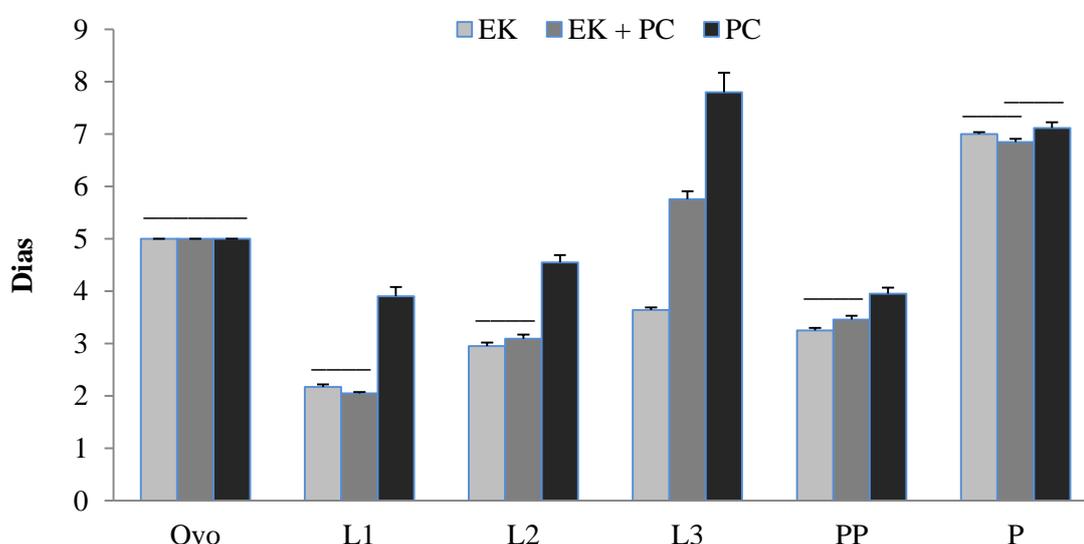


Figura 1 Duração dos ínstars e fases preimaginais (dias) de *Chrysoperla externa* em função da alimentação com ovos de *Ephestia kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *Planococcus citri*. Médias \pm EP correspondentes às colunas pareadas sob barra horizontal não diferem entre si pelo teste de Dunn (Kruskal- Wallis, $p < 0,05$). L1= Larva de 1º ínstar; L2= Larva de 2º ínstar; L3= Larva de 3º ínstar; PP= Pré-pupa; P= Pupa. EK= Ovos de *E. kuehniella*; EK + PC= Ovos de *E. kuehniella* no primeiro ínstar e *P. citri* nos ínstars subsequentes; PC= *P. citri* em todos os ínstars.

A sobrevivência das larvas de primeiro ($F= 14,94$; $df= 2$; $p < 0,001$) e terceiro ínstars ($F= 5,91$; $df= 2$; $p < 0,01$), assim como da fase de pré-pupa ($F= 4,46$; $df= 2$; $p < 0,05$), variou conforme o suprimento com ovos de *E. kuehniella* e/ou ninfas de *P. citri* (Tabela 1). A sobrevivência desses ínstars e fase de desenvolvimento foram menores quando as larvas consumiram exclusivamente *P. citri* (T3-PC). Houve uma mortalidade próxima a 24% de larvas de primeiro ínstar alimentadas com a cochonilha, sendo o estágio mais crítico aos efeitos dessa presa. Por outro lado, não houve interferência significativa do regime alimentar

1 sobre a sobrevivência da fase embrionária ($F= 1,00$; $df= 2$; $p = 0,369$), do segundo ínstar ($F=$
 2 $1,63$; $df= 2$; $p = 0,194$) e da fase de pupa ($F= 0,222$; $df= 2$; $p = 0,800$) (Tabela 1).

3

4 **Tabela 1**

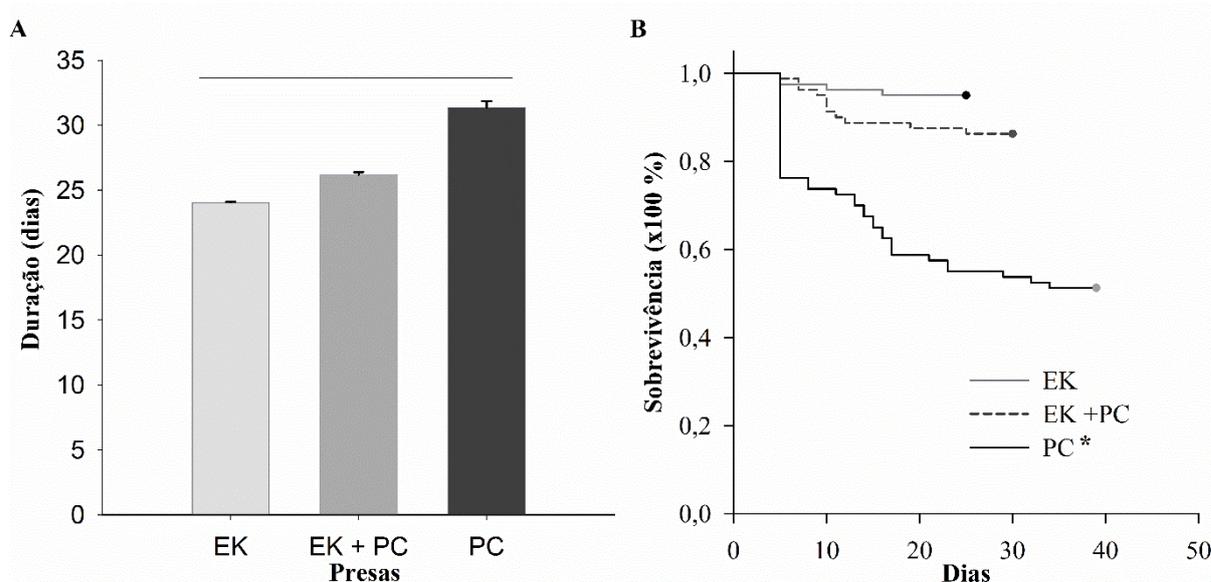
5 Sobrevivência (%) dos ínstars e fases preimaginais de *Chrysoperla externa* em resposta à
 6 alimentação com ovos de *Ephestia kuehniella* e/ ou ninfas e adultos de *Planococcus citri*.

Fase/Ínstar	T1-EK	T2-EK+PC	T3-PC
	Média ± EP*	Média ± EP	Média ± EP
Ovo	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a
1° ínstar	97,50 ± 1,75 a	98,75 ± 1,25 a	76,25 ± 4,78 b
2° ínstar	100,00 ± 0,00 a	97,5 ± 1,75 a	97,5 ± 1,75 a
3° ínstar	98,75 ± 1,25 a	92,50 ± 2,96 ab	85,00 ± 4,01 b
Pré-pupa	100,00 ± 0,00 a	100,00 ± 0,00 a	95,00 ± 2,45 b
Pupa	98,75 ± 1,25 a	97,50 ± 1,75 a	97,50 ± 1,75 a

7 *Médias ± EP acompanhadas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey
 8 ($p < 0,05$), através da análise de GLM- binomial. EK= Ovos de *E. kuehniella*; EK + PC= Ovos de *E.*
 9 *kuehniella* no primeiro ínstar e *P. citri* nos ínstars subsequentes; PC= *P. citri* em todos os ínstars.

10

11 A duração ($K= 127,8$; $df= 2$; $p < 0,001$) e a sobrevivência ($X^2= 46,40$; $df= 2$; $p < 0,001$)
 12 do período preimaginal para larvas submetidas aos diferentes regimes alimentares variaram
 13 significativamente (Figura 2).



14

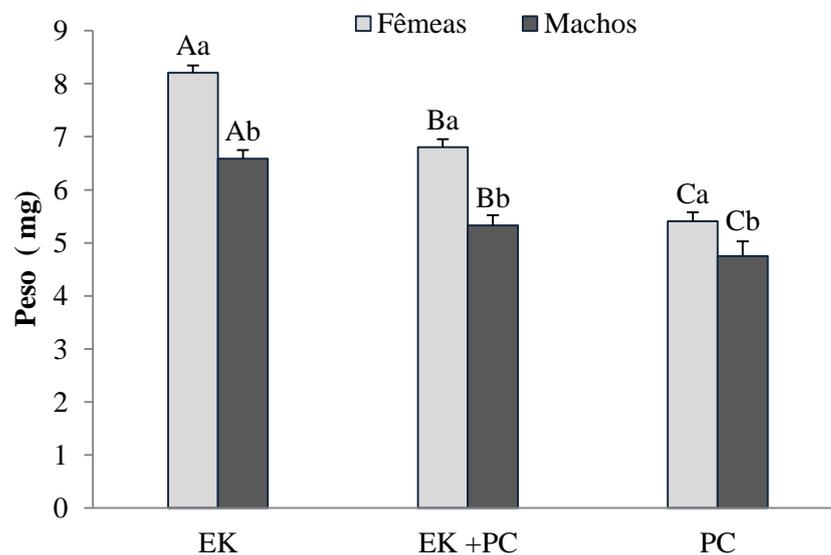
15 **Figura 2** (A) Duração (dias) e (B) sobrevivência (x100%) do período preimaginal de
 16 *Chrysoperla externa* para larvas alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella* e/ou ninfas e
 17 adultos de *Planococcus citri*. Médias ± EP sob barra horizontal diferem entre si pelo teste de
 18 Dunn (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Médias contendo asterisco* diferem entre si pelo teste de

1 log-rank (Kaplan-Meier). EK= Ovos de *E. kuehniella*; EK + PC= Ovos de *E. kuehniella* no
 2 primeiro ínstar e *P. citri* nos ínstars subsequentes; PC= *P. citri* em todos os ínstars.

3
 4 O período preimaginal mais curto (24,05 dias) foi obtido para larvas alimentadas com
 5 ovos de *E. kuehniella* (EK), e o mais longo (31,34 dias), para aquelas alimentadas com a
 6 cochonilha *P. citri* (PC) (Figura 2). Esse prolongamento no período de desenvolvimento
 7 condiz com o resultado obtido para a sobrevivência das fases imaturas (50%) quando as larvas
 8 foram supridas apenas com a cochonilha, distintamente daquelas constatadas quando
 9 receberam ovos de *E. kuehniella* ao menos no primeiro ínstar (EK ou EK+PC), que
 10 acarretaram uma sobrevivência de até 94%.

11 12 **Desenvolvimento adulto de *Chrysoperla externa* alimentada com ovos de *Ephestia*** 13 ***kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *Planococcus citri* na fase larval**

14
 15 Após a emergência, investigou-se o efeito do regime alimentar aplicado aos estádios
 16 larvais sobre o peso corpóreo de fêmeas e machos. Houve diferenças entre os regimes
 17 alimentares ($F= 80,61$; $df= 2$; $p < 0$), os sexos ($F= 88,43$; $df= 1$; $p < 0$) e a interação entre eles
 18 ($F= 3,38$; $df= 2$; $p = 0,036$) (Figura 3).



19
 20 **Figura 3** Peso (mg) de machos e fêmeas de *Chrysoperla externa* provenientes de larvas
 21 alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *Planococcus citri*.
 22 Médias ± EP seguidas de letras diferentes, maiúsculas para os tipos de presas e minúsculas
 23 para fêmeas e machos, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). EK= Ovos de *E.*
 24 *kuehniella*; EK + PC= Ovos de *E. kuehniella* no primeiro ínstar e *P. citri* nos ínstars
 25 subsequentes; PC= *P. citri* em todos os ínstars.

26

1 Fêmeas e machos apresentaram menor peso corpóreo quando as larvas se alimentaram
 2 apenas da cochonilha (PC) (fêmea= 5,41 mg e macho= 4,75 mg). O peso foi intermediário
 3 quando consumiram ovos de *E. kuehniella* apenas no primeiro ínstar (EK+PC) (fêmea= 6,81
 4 mg e macho= 5,33 mg) e foi mais elevado quando supridas com ovos de *E. kuehniella* ao
 5 longo de todo o período larval (EK) (fêmea= 8,20 mg e macho= 6,59 mg) (Figura 3). As
 6 fêmeas foram mais pesadas que os machos, para todos os tratamentos. Após a pesagem,
 7 formaram-se 40, 41 e 22 casais oriundos de larvas que receberam EK, EK+PC e PC,
 8 respectivamente. O regime alimentar não interferiu significativamente na razão sexual (F=
 9 0,585; df= 2; $p = 0,558$), com variação de 0,53 a 0,62. A proporção sexual foi próxima de 1:1
 10 (Tabela 2).

11

12 Tabela 2

13 Razão sexual, parâmetros reprodutivos, viabilidade dos ovos e ciclo de vida de adultos de
 14 *Chrysoperla externa* provenientes de larvas alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella*
 15 e/ou ninfas e adultos de *Planococcus citri*.

Parâmetros	T1-EK		T2-EK+PC		T3-PC	
	N	*Média ± EP	N	Média ± EP	N	Média ± EP
RZ ¹		0,53 ± 0,06 a		0,62 ± 0,06 a		0,55 ± 0,08 a
PPREO ² (dias)	40	4,02 ± 0,08 b	41	4,34 ± 0,09 ab	22	4,77 ± 0,15 a
PO ³ (dias)	40	62,37 ± 2,61 a	41	56,46 ± 3,167 a	22	32,68 ± 3,07 b
OD ³ (nº de ovos)	40	17,47 ± 0,61 a	41	17,02 ± 0,59 a	22	15,35 ± 0,90 a
OT ³ (nº de ovos)	40	1076,90 ± 48,92 a	41	958,15 ± 58,19 a	22	513,73 ± 53,03 b
PPOSO ² (dias)	40	1,52 ± 0,36 a	41	2,49 ± 0,56 a	22	4,73 ± 0,96 a
OV ⁴ (%)	40	98,33 ± 0,22 a	41	97,93 ± 0,24 a	22	96,30 ± 0,45 b
Ciclo de vida ² (dias)	75	95,34 ± 1,96 a	66	91,89 ± 2,64 a	40	81,12 ± 3,52 b

16 *Médias ± EP seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p <$
 17 0,05) (GLM binomial¹, ANOVA³ e GLM Gamma⁴) e teste Dunn (Kruskall–Wallis²) ($p <$ 0,05). N=
 18 número de indivíduos. RZ= Razão sexual; PPREO e PPOSO= Período de pré e pós-oviposição; PO=
 19 Período de oviposição; OD e OT= Oviposição diária e total; OV= Ovos viáveis. EK= Ovos de *E.*
 20 *kuehniella*; EK + PC= Ovos de *E. kuehniella* no primeiro ínstar e *P. citri* nos instares subsequentes;
 21 PC= *P. citri* em todos os instares.

22

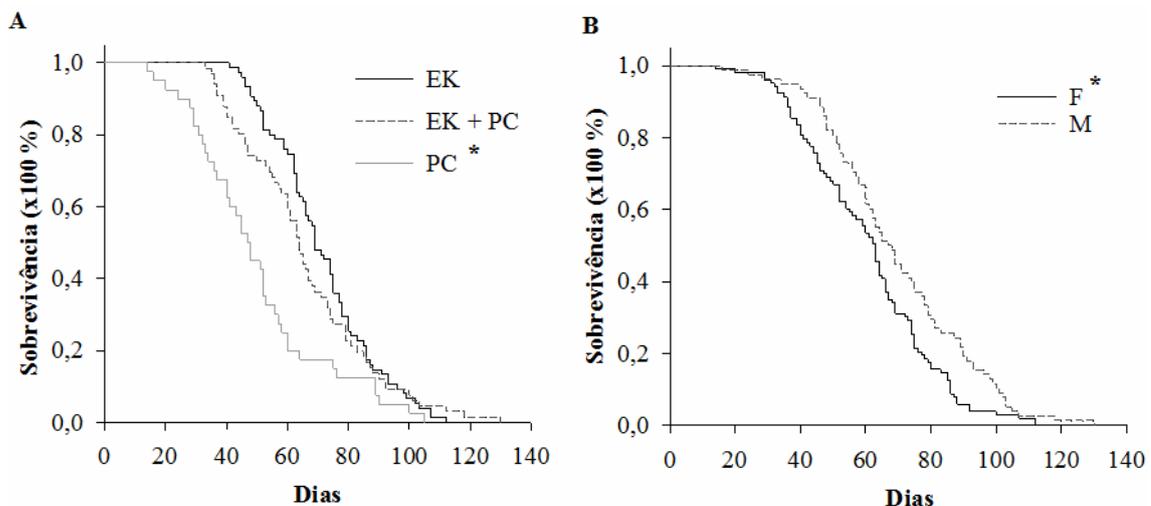
23 Logo após o pareamento, as fêmeas levaram de 3 a 6 dias para iniciarem a oviposição
 24 (PPREO), variação que foi decorrente do tipo de dieta alimentar ingerida na fase larval (K=
 25 18,10; df= 2; $p <$ 0). O mesmo não ocorreu para o tempo de pós-oviposição (PPOSO), que não
 26 foi afetado pela dieta consumida na fase de larva (K= 2,06; df= 2; $p = 0,355$). O período de

1 oviposição (PO) foi significativamente maior ($F= 20,78$; $df= 2$; $p < 0$) quando ovos de *E.*
 2 *kuehniella* participaram de forma integral (EK) ou parcial (EK+PC) da dieta larval (Tabela 2).

3 O tipo de regime alimentar disponibilizado para as larvas não interferiu
 4 estatisticamente na produção média diária de ovos ($F= 2,16$; $df= 2$; $p = 0,121$). Porém, o total
 5 de ovos produzidos ao longo de todo o período reprodutivo, bem como a viabilidade dos
 6 ovos, foram influenciados pelo alimento consumido durante o período larval (Fecundidade:
 7 $F= 22,03$; $df= 2$; $p < 0$; Viabilidade dos ovos: $F= 11,84$; $df= 2$; $p < 0,001$). A fecundidade foi
 8 cerca de duas vezes maior quando as larvas foram supridas somente com ovos de *E.*
 9 *kuehniella* (EK) ou quando receberam ovos de *E. kuehniella* e a cochonilha (EK+PC).
 10 Independentemente do regime alimentar, a viabilidade dos ovos foi acima de 95% (Tabela 2).
 11 Foi observado um ciclo de vida mais longo ($K= 15,13$; $df= 2$; $p < 0,001$) para larvas
 12 alimentadas com ovos de *E. kuehniella* ao menos no primeiro ínstar (EK ou EK+PC), em
 13 comparação com as larvas alimentadas apenas com *P. citri* (PC) (Tabela 2).

14 Houve diferenças na longevidade em função dos regimes alimentares ($F= 19,35$; $df=$
 15 2 ; $p < 0,001$) e dos sexos ($F= 8,61$; $df= 1$; $p < 0,01$), porém, não houve interação entre esses
 16 fatores ($F= 1,04$; $df= 2$; $p = 0,399$). A maior longevidade ocorreu para os tratamentos EK e
 17 EK+PC ($71,29 \pm 1,95$ e $65,82 \pm 2,66$ dias). Para o tratamento PC a longevidade foi de $49,97 \pm$
 18 $3,53$ dias. Com relação ao sexo, verificou-se que os machos foram mais longevos ($69,59 \pm$
 19 $1,97$ dias) do que as fêmeas ($60,80 \pm 2,53$ dias). Houve influência do regime alimentar
 20 aplicado às larvas de *C. externa* sobre a sobrevivência dos adultos ($X^2= 17,58$; $df= 2$; $p <$
 21 $0,001$) e sobre a sobrevivência de fêmeas e machos ($X^2= 7,315$; $df= 1$; $p < 0,01$) (Figura 4).

22



23

24 **Figura 4** Sobrevivência (x100%) dos adultos de *Chrysoperla externa* provenientes de larvas
 25 alimentadas com (A) ovos de *Ephestia kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *Planococcus citri*, e
 26 em função do sexo (B), fêmea e macho. Curvas contendo asterisco (*) diferem entre si pelo

1 teste de log-rank (Kaplan-Meier, $p < 0,05$). EK= Ovos de *E. kuehniella*; EK + PC= Ovos de *E.*
 2 *kuehniella* no primeiro instar e *P. citri* nos instares subsequentes; PC= *P. citri* em todos os
 3 instares. F= fêmeas; M= machos.

4

5 **Parâmetros populacionais de *Chrysoperla externa* alimentada com ovos de *Ephestia***
 6 ***kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *Planococcus citri* na fase larval**

7

8 Não houve efeito do regime alimentar experimentado na fase larval sobre a taxa
 9 intrínseca de crescimento (r_m), taxa finita de crescimento (λ) e tempo médio da geração (T)
 10 ($p < 0,05$) (Tabela 3).

11

12 **Tabela 3**

13 Parâmetros populacionais de *Chrysoperla externa* provenientes de larvas alimentadas com
 14 ovos de *Ephestia kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *Planococcus citri*.

Parâmetro	T1-EK	T2-EK+PC	T3-PC
	*Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP
r_m (dias ⁻¹)	0,15 ± 0,003 a	0,14 ± 0,003 a	0,10 ± 0,005 a
λ (dia ⁻¹)	1,16 ± 0,004 a	1,15 ± 0,003 a	1,11 ± 0,005 a
R_0 (descendentes/espécime)	537,86 ± 64,568 a	491,05 ± 61,235 a	141,27 ± 29,378 b
T (dias)	42,39 ± 0,377 a	44,65 ± 0,503 a	48,60 ± 1,148 a

15 *Médias ± EP seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Bootstrap
 16 pareado com 100.000 reamostragens ($p < 0,05$). r_m = taxa intrínseca de crescimento; λ = taxa finita de
 17 crescimento; R_0 = taxa líquida de reprodução; T= tempo médio de uma geração. EK= Ovos de *E.*
 18 *kuehniella*; EK + PC= Ovos de *E. kuehniella* no primeiro instar e *P. citri* nos instares subsequentes;
 19 PC= *P. citri* em todos os instares.

20

21 O regime alimentar ao qual as larvas foram submetidas refletiu de forma significativa
 22 na taxa líquida de reprodução (R_0) ($p < 0,05$) (Tabela 3), que foi mais baixa quando fornecidas
 23 apenas cochonilhas aos três estádios larvais do predador. Quando as larvas receberam ovos de
 24 *E. kuehniella* no primeiro instar e cochonilhas a partir do segundo, os resultados foram
 25 similares ao obtido com somente ovos de *E. kuehniella*.

26

27 **DISCUSSÃO**

28 Nossa pesquisa demonstrou que o fornecimento de ovos de *E. kuehniella* para larvas
 29 de primeiro instar e cochonilhas *P. citri* para os demais instares mudou a história de vida de
 30 *C. externa*, pois assegurou o desenvolvimento preimaginal e adulto do crisopídeo, com

1 resultados similares aos obtidos para larvas alimentadas apenas com ovos de *E. kuehniella*. Os
2 espécimes de *C. externa* foram capazes de se desenvolver, sobreviver e reproduzir após as
3 larvas se alimentarem de ovos de *E. kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *P. citri*, mas quando
4 ofertada de forma exclusiva, a dieta a base de cochonilha ocasionou reflexos negativos na
5 história de vida do predador. Esses resultados reiteram aqueles obtidos por Pedro Neto et al.
6 (2008) e Bonani et al. (2009) que também concluíram que essa presa, quando fornecida ao
7 longo de todo o período larval de *C. externa*, não foi inteiramente adequada para o
8 desenvolvimento imaturo e adulto do predador.

9 A duração do primeiro e segundo ínstaes, assim como das fases de pré-pupa e pupa,
10 foram semelhantes aos resultados obtidos por Bonani et al. (2009), enquanto que a duração do
11 terceiro ínstar constatada na nossa pesquisa (cerca de 8 dias) foi maior que a verificada pelos
12 autores (5 dias). A sobrevivência obtida para larvas de primeiro ínstar (24%) decorrente da
13 dieta constituída por apenas cochonilhas foi similar à constatada por Pedro Neto et al. (2008).

14 A maior mortalidade das larvas alimentadas apenas com *P. citri* foi ocasionada pela
15 secreção cerosa e pegajosa que é produzida e liberada pelas cochonilhas no ato da predação.
16 Em contato com o ar, essa secreção se solidifica rapidamente nas peças bucais da larva
17 dificultando sua alimentação ou, até mesmo, causando sua morte por inanição, uma vez que se
18 veem impedidas de se alimentarem, como também registrado por Gillani e Copland (1999).
19 Observou-se que as larvas apresentavam dificuldade de prosseguir com a atividade predatória
20 e algumas delas acabavam morrendo aderidas ao recipiente de criação. Verificou-se, também,
21 que as larvas de primeiro ínstar são mais sensíveis a essa impregnação de cera nas peças
22 bucais, em relação àquelas de ínstaes posteriores. Além do ato predatório, propriamente, essa
23 secreção interfere na capacidade de busca e no parasitismo por inimigos naturais (Bugila et
24 al., 2014).

25 A redução da sobrevivência ao longo do período preimaginal (50%), verificada para
26 larvas de *C. externa* alimentadas apenas com ninfas e adultos de *P. citri*, também foi
27 constatada por Tapajós et al. (2016), após as larvas desse crisopídeo consumirem ninfas de
28 *Pseudococcus jackbeardsleyi* Gimpel e Miller, 1996 (Hemiptera: Pseudococcidae). O
29 consumo de espécimes de *Orthezia praelonga* Douglas, 1891 (Hemiptera: Ortheziidae)
30 afetaram de forma negativa o desenvolvimento de *Ceraeochrysa paraguayaria* (Navás, 1920)
31 (Neuroptera: Chrysopidae) (Bortoli et al., 2012) e ninfas de *P. citri* provenientes de roseiras
32 foram pouco adequadas para o desenvolvimento de *Chrysoperla lucasina* (Lacroix, 1912)
33 (Neuroptera: Chrysopidae) (Messelink et al., 2016).

1 Observa-se, assim, que nem todas as espécies de cochonilhas são presas adequadas
2 para os crisopídeos de uma forma geral, pelo menos quando as larvas são submetidas a um
3 regime alimentar composto exclusivamente por essa presa, fornecida de forma contínua ao
4 longo de todo o desenvolvimento larval. Nós chamamos a atenção para essa questão uma vez
5 que os efeitos negativos do consumo exclusivo de ninfas de *P. citri* por larvas de *C. externa*
6 foram reduzidos quando elas se alimentaram de ovos de *E. kuehniella* no primeiro ínstar
7 (ainda que os estádios subsequentes tenham continuado com a alimentação composta por
8 cochonilhas). Essa dieta alimentar mista proporcionou uma sobrevivência superior a 92% aos
9 estádios e fases preimaginais, manteve a razão sexual de 1:1 [comumente encontrada para *C.*
10 *externa* (Bezerra et al., 2006; Trivellato et al., 2012)] e peso de fêmeas relativamente elevado
11 (Silva et al., 2004).

12 Os resultados obtidos para a produção de ovos por adultos que receberam a dieta EK +
13 PC, composta pelo fornecimento de ovos de *E. kuehniella* para o primeiro ínstar e cochonilhas
14 para os demais instares, reiteram as informações apresentadas por Carvalho e Souza (2009),
15 sobre a relação positiva entre o peso e a fecundidade das fêmeas. A dieta larval EK + PC
16 também refletiu positivamente na redução do período de pós-oviposição, que foi similar ao
17 encontrado por Pitwak et al. (2016), para larvas alimentadas com ovos de *E. kuehniella* e
18 outras presas envolvidas no estudo. Considerando-se as características buscadas em um
19 agente de controle biológico, o regime alimentar misto (EK + PC) garantiu um curto período
20 de pré-oviposição, alta fecundidade e viabilidade dos ovos, longo período de oviposição e
21 longevidade dos adultos. As médias obtidas para esses parâmetros foram mais adequadas em
22 relação àquelas verificadas por Costa et al. (2012), quando as larvas de *C. externa* se
23 alimentaram com *Neotoxoptera formosana* (Takahashi, 1921) (Hemiptera: Aphididae).

24 Essa dieta mista manteve os parâmetros populacionais de *C. externa*, sendo os valores
25 de R_0 e T superiores aos obtidos por Palomares-Pérez et al. (2020), ainda que λ e r_m tenham
26 sido inferiores. Essas diferenças podem estar relacionadas à própria presa, à metodologia
27 experimental adotada em cada uma das pesquisas, assim como às diferentes plantas
28 hospedeiras da presa, que podem influenciar no desempenho do predador (Prince et al., 1980;
29 Kos et al., 2011; Jessie et al., 2015; Golizadeh et al., 2017; Sujii et al., 2020).

30 Como o sucesso do controle biológico aplicado depende da interação planta-
31 herbívoro-inimigo natural, a resposta biológica do predador consiste em um dos mensuradores
32 da adequabilidade dessa interação trófica, devendo ser considerada quando da indicação do
33 predador para redução populacional do artrópode alvo. Dessa forma, nossos resultados
34 reiteram a importância da oferta de ovos de *E. kuehniella* para larvas de primeiro ínstar de *C.*

1 *externa*, já enfatizada por Bezerra et al. (2017) quando estudaram os efeitos de uma dieta
2 artificial sobre o desenvolvimento larval e reprodutivo de *C. externa*. A qualidade nutricional
3 dos ovos de *E. kuehniella* também foi considerada como responsável pela redução do tempo
4 de desenvolvimento, elevada sobrevivência e produção de ovos por *C. externa* (Carvalho e
5 Souza, 2009; Garzón et al., 2015; Morando et al., 2014).

6 Aliado às restrições físicas presentes no corpo dos pseudococcídeos em geral, os quais
7 combinam o revestimento ceroso do corpo e as secreções ostiolares, existem, também,
8 características relacionadas à qualidade nutricional intrínseca da presa, as quais podem afetar
9 a sobrevivência das fases imaturas do crisopídeo. Portanto, não apenas devido à menor
10 voracidade das larvas de primeiro ínstar, mas, também, devido à maior sensibilidade desse
11 ínstar à serosidade secretada pela cochonilha *P. citri*, recomenda-se a liberação de larvas no
12 segundo estágio de desenvolvimento, alimentadas previamente com ovos do piralídeo *E.*
13 *kuehniella*. Esta pesquisa fornece informações básicas para a tomada de decisão quanto ao
14 estágio de *C. externa* mais adequado para o controle de *P. citri* em cultivos de roseiras e,
15 também, poderão contribuir para o desenvolvimento de pesquisas subsequentes com o intuito
16 de viabilizar o uso de *C. externa* na redução populacional de *P. citri* e de outras pragas da
17 cultura.

18

19 **CONCLUSÃO**

20

21 A cochonilha *P. citri* advinda de roseiras cv. Avalanche é uma presa adequada para o
22 desenvolvimento e sobrevivência de imaturos e adultos de *C. externa* somente se as larvas de
23 primeiro ínstar forem alimentadas com ovos de *E. kuehniella*.

24

25 **REFERÊNCIAS**

26

27 Adriano, E., Toscano, L. C., Schlick, E. C., Maruyama, W. I., Santos, F. L.,
28 2010. Desenvolvimento e capacidade de consumo de *Chrysoperla externa* (Hagen,
29 1861) alimentada com ninfas de mosca-branca criadas em hortaliças. Revista
30 Caatinga, 23 (3), 1-6.

31

32 Agrofit., 2021. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
33 http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons (accessed 18 June
34 2021).

35

36 Battel, A. P. M. B., Moral, R. D. A., Rodrigues, C. A., Araújo, M. D. S., Godoy, W. A. C.,
37 2017. Reproductive potential of *Chrysoperla externa* maintained in different cage

- 1 sizes in laboratory conditions. *Ciência Rural*, 47 (3), e20160381.
2 <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160381>.
- 3
- 4 Bezerra, G. D., Santa-Cecília, L. V. C., Carvalho, C. F., Souza, B., 2006. Aspectos biológicos
5 da fase adulta de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)
6 oriunda de larvas alimentadas com *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera:
7 Pseudococcidae). *Ciência e Agrotecnologia*, 30: 603–610.
- 8
- 9 Bezerra, C. E. S., Amaral, B. B., Souza, B., 2017. Rearing *Chrysoperla externa* larvae on
10 artificial diets. *Neotropical Entomology*, 46 (1), 93-99.
11 <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0427-5>.
- 12
- 13 Birch, L. C., 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *The Journal*
14 *of Animal Ecology*, 17 (1), 15-26. <https://doi.org/10.2307/1605>.
- 15
- 16 Bonani, J. P., Souza, B., Santa-Cecília, L. V. C., Correa, L. R. B., 2009. Aspectos biológicos
17 de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com
18 *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) e *Toxoptera citricida*
19 (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae). *Ciência e Agrotecnologia*, 33(1), 31-38.
20 <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000100004>.
- 21
- 22 Bortoli, S. A., Murata, A. T., Dibelli, W., De Bortoli, C. P., de Magalhães, G. O., 2012.
23 Aspectos biológicos de *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás) (Neuroptera: Chrysopidae)
24 alimentada com diferentes presas. *Ciência e Tecnologia*, 4 (1), 1-8.
- 25
- 26 Boregas, K. G. B., Carvalho, C. F., Souza, B., 2003. Aspectos biológicos de *Chrysoperla*
27 *externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em casa-de-vegetação. *Ciência e*
28 *Agrotecnologia*, 27 (1), 07-16. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000100001>.
- 29
- 30 Bugila, A. A., Franco, J. C., da Silva, E. B., Branco, M., 2014. Defense response of native and
31 alien mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) against the solitary parasitoid *Anagyrus*
32 sp. nr. *pseudococci* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae). *Journal of insect behavior*,
33 27 (4), 439-453. <https://doi.org/10.1007/s10905-014-9440-x>.
- 34
- 35 Carvalho, C. F., Souza, B., 2009. Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: Bueno,
36 V. H. P. (Ed.). *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*.
37 2. ed. Lavras, pp. 77-115.
- 38
- 39 Castro, M. A., Martínez, J. W., Dotor, M. Y., 2016. Evaluación del efecto regulador de
40 *Chrysoperla externa* sobre mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* en tomate.
41 *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33 (2), 43-54. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.51>.
- 42
- 43 Colares, F., Michaud, J. P., Bain, C. L., Torres, J. B., 2015. Indigenous aphid predators show
44 high levels of preadaptation to a novel prey, *Melanaphis sacchari* (Hemiptera:
45 Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 108 (6), 2546-2555.
46 <https://doi.org/10.1093/jee/fov235>.
- 47
- 48 Copland, M. J. W., Tingle, C. C. D., Saynor, M., Panis, A., 1985. Biology of glasshouse
49 mealybugs and their predators and parasitoids. In: Hussey, N.W., Scopes, N.E.A.

1 (Eds.). Biological pest control: the glasshouse experience. New York: Cornell
2 University, pp. 82-86.

3
4 Costa, M. B., Bezerra, S., Souza, B., Soares, A., Silva, M., 2012. Development and
5 reproduction of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) fed with
6 *Neotoxoptera formosana* (Hemiptera: Aphididae). Revista Colombiana de
7 Entomología, 38 (2), 187-190.

8
9 Chi, H. S. I. N., Liu, H. S. I., 1985. Two new methods for the study of insect population
10 ecology. Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica, 24 (2), 225-240.

11
12 Chi, H., 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates
13 among individuals. Environmental Entomology, 17 (1), 26-34.
14 <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>

15
16 Chi, H., 2020. TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table
17 analysis. <http://140.120.197.173/Ecology/prod02.htm> (accessed 23 June 23 2020).

18
19 Cuello, E. M., Andorno, A. V., Hernandez, C. M., Lopez, S. N., 2019. Prey consumption and
20 development of the indigenous lacewing *Chrysoperla externa* feeding on two exotic
21 Eucalyptus pests. Biocontrol Science and Technology, 29 (12), 1159-1171.
22 <https://doi.org/10.1080/09583157.2019.1660958>.

23
24 Daane, K. M., Almeida, R. P., Bell, V. A., Walker, J. T., Botton, M., Fallahzadeh, M., ...
25 Zaviezo, T., 2012. Biology and management of mealybugs in vineyards. In: Bostanian,
26 N. J., Vincent, C., Isaacs, R. (Eds.). Arthropod Management in Vineyards: Pests,
27 Approaches, and Future Directions. Springer, Dordrecht, pp. 271-307.

28
29 Dhandapani, N., Sarkar, P., Mishra, G., 2016. Chrysopids. In: Omkar, K.K. (Ed.). Ecofriendly
30 Pest Management for Food Security, London, USA, Academic Press: Elsevier
31 Science, pp. 311-327.

32
33 Dias, P. M., de Loureiro, E. S., Pessoa, L. G. A., Devoz, G. L. R., 2018. Potencial de uso de
34 *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Diatraea saccharalis*
35 (Lepidoptera: Crambidae) em sistemas agroecológicos. Cadernos de Agroecologia, 13
36 (2), 10-10.

37
38 Efron, B., Tibshirani, R. J., 1993. An introduction to the bootstrap. Chapman & Hall, New
39 York, NY. doi: <https://doi.org/10.1201/9780429246593>.

40
41 Espino, H. L., Mendoza, A. C., Espino, J. C. L., Gómez, V. R. C., 2017. Comportamiento de
42 búsqueda y capacidad depredadora de *Chrysoperla externa* sobre *Frankliniella*
43 *occidentalis*. Southwestern Entomologist, 42 (2), 463-476.
44 <https://doi.org/10.3958/059.042.0216>.

45
46 Gamboa, S., Souza, B., Morales, R., 2016. Predatory activity of *Chrysoperla externa*
47 (Neuroptera: Chrysopidae) on *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) in
48 *Rosa* sp. crop. Revista Colombiana de Entomología, 42 (1), 54-58.

49

- 1 García Morales, M. G., Denno, B. D., Miller, D. R., Miller, G. L., Ben-Dov, Y., Hardy, N. B.,
2 2016. ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics.
3 Database: The Journal of Biological Databases and Curation, 1-5, 2016.
4 <https://doi.org/10.1093/database/bav118>.
5
- 6 Garzón, A., Freire, B. C., Carvalho, G. A., Oliveira, R. L., Medina, P., Budia,
7 F., 2015. Development and reproduction of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera:
8 Chrysopidae) fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) vectoring Potato
9 leafroll virus (PLRV). Neotropical Entomology, 44 (6), 604-609.
10 <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0329-y>.
11
- 12 Gillani, W. A., Copland, M. J. W., 1999. Defensive behaviour of the longtailed mealybug
13 *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzetti) (Hemiptera: Pseudococcidae) against
14 the brown lacewing *Symphorobius fallax* Navas (Neuroptera: Hemerobiidae).
15 Entomologica, 33, 279-285. <https://doi.org/10.15162/0425-1016/847>.
16
- 17 Golizadeh, A., Jafari-Behi, V., Razmjou, J., Naseri, B., Hassanpour, M., 2017. Population
18 growth parameters of rose aphid, *Macrosiphum rosae* (Hemiptera: Aphididae) on
19 different rose cultivars. Neotropical Entomology, 46 (1), 100-106.
20 <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0428-4>.
21
- 22 Goodman, D., 1982. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive
23 value. The American Naturalist, 119 (6), 803-823.
24
- 25 Gross, J., Ligges, U., 2015. nortest: Tests for Normality. R package version 1.0-4.
26 <http://CRAN.R-project.org/package=nortest> (accessed 11 January 11 2021).
27
- 28 Huang, H. W., Chi, H., Smith, C. L., 2018. Linking demography and consumption of
29 *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Solanum*
30 *photeinocarpum* (Solanales: Solanaceae): with a new method to project the uncertainty
31 of population growth and consumption. Journal of economic entomology, 111 (1), 1-9.
32 <https://doi.org/10.1093/jee/tox330>.
33
- 34 JB Biotecnologia Agentes Biológicos., 2021. <https://jbbiotecnologia.com.br> (accessed 11
35 november 2021).
36
- 37 Kassambara, A., 2021. rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests. R
38 package version 0.7.0. <https://CRAN.R-project.org/package=rstatix> (accessed 4
39 January 2021).
40
- 41 Kos, M., Kabouw, P., Noordam, R., Hendriks, K., Vet, L. E., van Loon, J. J., Dicke, M.,
42 2011. Prey-mediated effects of glucosinolates on aphid predators. Ecological
43 Entomology, 36 (3), 377-388. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2011.01282.x>.
44
- 45 Jessie, W. P., Giles, K. L., Rebek, E. J., Payton, M. E., Jessie, C. N., McCornack, B. P., 2015.
46 Preference and performance of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae)
47 and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Brevicoryne brassicae*,
48 *Lipaphis erysimi*, and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) from winter-adapted
49 canola. Environmental Entomology, 44 (3), 880-889.
50 <https://doi.org/10.1093/ee/nvv068>.

- 1
2 Lepage, H. S., 1942. Abóboras, cobaias para o estudo das pragas dos vegetais. *O Biológico*, 8
3 (9), 221-224.
4
- 5 Lenth, R., Singmann, H., Love, J., Buerkner, P., Herve, M., 2021. Emmeans: Estimated
6 Marginal Means, aka Least-Squares Means. *The American Statistician*, 34 (4), 216-
7 221. <https://doi.org/10.1080/00031305.1980.10483031>.
8
- 9 Lira, R. S., Batista, J. D. L., 2006. Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* alimentados
10 com pulgões da erva-doce. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 6 (2), 20-35.
11
- 12 Luna-Espino, H. M., Jiménez-Pérez, A., Castrejón-Gómez, V. R., 2020. Assessment of
13 *Chrysoperla comanche* (Banks) and *Chrysoperla externa* (Hagen) as biological
14 control agents of *Frankliniella occidentalis* (pergande) (Thysanoptera: Thripidae) on
15 tomato (*Solanum lycopersicum*) under glasshouse conditions. *Insects*, 11 (2), 87, 2020.
16 <https://doi.org/10.3390/insects11020087>.
17
- 18 Mani, M., Shivaraju, C., 2016. Mealybugs and their management in agricultural and
19 horticultural crops. New Delhi, India. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2677-2>.
20
- 21 Messelink, G. J., Vijverberg, R., Leman, A., Janssen, A., 2016. Biological control of
22 mealybugs with lacewing larvae is affected by the presence and type of supplemental
23 prey. *BioControl*, 61 (5), 555-565. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9739-y>.
24
- 25 Moral, R. A., Hinde, J., Demetrio, C. G. B., 2018. hnp: Half-normal plots with simulation
26 envelopes. R package version 1.2-6. <https://CRAN.R-project.org/package=hnp>
27 (accessed 5 January 2021).
28
- 29 Morando, R., Toscano, L. C., Martins, G. L. M., Eduardo, W. I., Maruyama, W. I., Santos, L.
30 S., 2014. Predação e desenvolvimento de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861)
31 (Neuroptera, Chrysopidae) alimentado com ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch,
32 1836) (Acari: Tetranychidae) oriundos de feijoeiro. *Agrarian*, 7 (23), 42-48.
33
- 34 Nordlund, D. A., Cohen, A. C., Smith, R. A., 2001. Mass-rearing, release techniques, and
35 augmentation. In: Mcewen, P. K., New, T. R., Whittington, A. E. (Eds.). *Lacewings in
36 the crop environment*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 303–319.
37
- 38 Nunes, G. S., da Silva, I. T. F. A., de Oliveira Barbosa, V., Dantas, T. A. V., de Oliveira, R.,
39 de Luna Batista, J., 2017. Influência da alimentação de *Anagasta kuehniella* Zeller
40 (Lepidoptera: Pyralidae) no desenvolvimento de *Ceraeochrysa cubana* Hagen
41 (Neuroptera: Chrysopidae). *EntomoBrasilis*, 10 (1), 14-
42 18. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v10i1.641>.
43
- 44 de Oliveira, R. L., Moscardini, V. F., Gontijo, P. C., Sâmia, R. R., Marucci, R. C., Budia, F.,
45 Carvalho, G. A., 2016. Life history parameters and feeding preference of the green
46 lacewing *Ceraeochrysa cubana* fed with virus-free and potato leafroll virus-infected
47 *Myzus persicae*. *BioControl*, 61 (6), 671-679. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9748-x>.
48
49

- 1 Pacheco-Rueda, I., Lomeli-Flores, J. R., López-Arroyo, J. I., González-Hernández, H. É. C.
2 T. O. R., Romero-Napoles, J. E. S. Ú. S., Santillán-Galicia, M. T., Suárez-Espinoza, J.,
3 2015. Preferencia de tamaño de presa en seis especies de Chrysopidae (Neuroptera)
4 sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). Revista Colombiana de Entomología, 41
5 (2), 187-193.
- 6 Palomares-Pérez, M., Molina-Ruelas, T. D. J., Bravo-Núñez, M., Arredondo-Bernal, H.
7 C., 2020. Life table of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) reared on
8 *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). Revista Colombiana de Entomología,
9 46 (1), e6831. <https://doi.org/10.25100/socolen.v46i1.6831>.
- 10
- 11 Parra, J. R. P., Zucchi, R. A., Coelho Jr, A., Geremias, L. D., Cônsoli, F. L., 2015.
12 Trichogramma as a tool for IPM in Brazil. In: Vinson, B., Greenberg, S. M., Liu, T.,
13 Rao, A., Volosciuk, L. F. (Eds.). Augmentative Biological Control Using
14 *Trichogramma* spp.: Current Status and Perspectives. Northwest A & F University
15 Press, Shaanxi, China, pp. 472-496.
- 16
- 17 Pedro Neto, M., Carvalho, C. F., Reis, P. R., Santa-Cecília, L. V. C., Souza, B., Alcantra, E.,
18 Silva, R. A., 2008. Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen) predando
19 *Oligonychus ilicis* (McGregor) e *Planococcus citri* (Risso). Coffee Science, 3 (2), 85-
20 93.
- 21
- 22 Pillai, K. G., 2016. Glasshouse, Greenhouse and Polyhouse Crops. In: Mani, M.; Shivaraju, C.
23 (Eds.). Mealybugs and their Management in Agricultural and Horticultural crops.
24 Bangalore: Springer, pp. 621-628. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2677-2>.
- 25
- 26 Pitwak, J., Oliveira, M. J., Ventura, M. U., 2016. Development and reproductive performance
27 of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) using preys from wheat crop.
28 Revista Colombiana de Entomología, 42 (2), 118-123.
29 <https://doi.org/10.25100/socolen.v42i2.6681>.
- 30
- 31 Polat, F., Ulgenturk, S., Kaydan, M. B., 2008. Developmental biology of citrus mealybug,
32 *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae), on ornamental plants. In:
33 Proceedings of the International Symposium on Scale Insect Studies, 11, 177-184.
- 34
- 35 Price, P. W., Bouton, C. E., Gross, P., McPherson, B. A., Thompson, J. N., Weis, A. E., 1980.
36 Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between
37 insect herbivores and natural enemies. Annual review of Ecology and Systematics, 11
38 (1), 41-65. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.11.110180.000353>.
- 39
- 40 Principi, M. M., Canard, M., 1984. Feedings habits. In: Canard, M., Semeria, Y. New, T.R.
41 (Eds.). Biology of Chrysopidae, pp. 76-92.
- 42
- 43 R Core Team., 2019. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna,
44 Austria, R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> (accessed
45 15 June 2021).
- 46
- 47 Rodrigues-Silva, N., de Oliveira Campos, S., de Sá Farias, E., De Souza, T. C., Martins, J. C.,
48 Picanço, M. C., 2017. Relative importance of natural enemies and abiotic factors as
49 sources of regulation of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) in Brazilian coffee

- 1 plantations. *Annals of Applied Biology*, 171 (3), 303-315.
2 <https://doi.org/10.1111/aab.12373>.
3
- 4 Santa-Cecília, L. V. C., Prado, E., Souza, B., Silva, K. H., 2020. Cochonilhas do cafeeiro no
5 Brasil e seus inimigos naturais: uma síntese. Belo Horizonte: EPAMIG.
6
- 7 Silva, C. G., Auad, A. M., Souza, B., Carvalho, C. F., Bonani, J. P., 2004 Aspectos biológicos
8 de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com
9 *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) biótipo b (Hemiptera: Aleyrodidae) criada em três
10 hospedeiros *Ciência e Agrotecnologia*, 28 (2), 243-250.
11
- 12 Silveira Neto, S., 1976. Manual de ecologia dos insetos. São Paulo: Agronômica Ceres.
13
- 14 Souza, B., Santos-Cividanes, T. M., Cividanes, F. J, Sousa, A. L. V., 2019. Predatory Insects.
15 In: Souza, B., Vázquez, L. L., Marucci, R. C. (Eds.). (2019). *Natural Enemies of*
16 *Insect Pests in Neotropical Agroecosystems* (p. 73-87). Springer International
17 Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1>.
18
- 19 Sujii, E. R., Pires, C. S. S., Venzon, M., Fernandes, O. A., 2020. Controle de artrópodes-praga
20 com insetos predadores. In: Fontes, E. M. G., Valadares-Inglis, M. S. (Eds.). *Controle*
21 *biológico de pragas da agricultura*, pp. 113-140.
22
- 23 Suh, S. J., 2020. Host plant list of the scale insects (Hemiptera: Coccoomorpha) in South
24 Korea. *Insecta Mundi*, 1-26.
25
- 26 Tapajós, S. J., Lira, R., Silva-Torres, C. S., Torres, J. B., Coitinho, R. L., 2016. Suitability of
27 two exotic mealybug species as prey to indigenous lacewing species. *Biological*
28 *Control*, 96, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.02.005>.
29
- 30 Trivellato, G. F., Berti Filho, E., Poletti, M., 2012. Aspectos biológicos e suas implicações na
31 produção massal de *Chrysoperla externa* Hagen, 1861 (Neuroptera: Chrysopidae).
32 *Revista de Agricultura*, 87 (1), 45-53. <https://doi.org/10.37856/bja.v87i1.13>

Artigo 2 – Implicações do consumo de ninfas de *Macrosiphum rosae* e ovos de *Ephestia kuehniella* na história de vida de *Chrysoperla externa*

M. M. P. Carvalho¹ | M. E. F. Souza¹ | L. A. C. Reis¹ | D. A. Vieira² | B. Souza¹

¹ Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras-UFLA, Campus Universitário, caixa postal 3037, CEP 37.200-900, Lavras, MG, Brasil.

² Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras-UFLA, Campus Universitário, caixa postal 3037, CEP 37200-900 - Lavras, MG- Brasil.

Autor correspondente

Marília Mickaele Pinheiro Carvalho, Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras-UFLA, Caixa postal 3037, CEP 37200900, Campus Universitário, Lavras, MG, Brasil.

E-mail: marilia.mickaele@gmail.com

Artigo elaborado conforme as normas do periódico *Annals of applied biology*, para o qual será submetido após a tradução.

1 **Resumo**

2 Diversos insetos fitófagos atacam a cultura da roseira, como o pulgão *Macrosiphum rosae*
3 (Hemiptera: Aphididae), que por vezes necessitam ser controlados. O predador *Chrysoperla*
4 *externa* (Neuroptera: Chrysopidae) destaca-se por consumir várias espécies de pulgões, mas
5 pouco se conhece da sua interação com *M. rosae*. Sabendo-se que o regime alimentar pode
6 interferir nas características biológicas e populacionais de um predador e que essas
7 características são mensuradores importantes da qualidade de um inimigo natural, testou-se a
8 hipótese de que *M. rosae* é uma presa adequada para o desempenho de *C. externa* como
9 agente de controle biológico. Assim, avaliamos os parâmetros biológicos e populacionais de
10 *C. externa* após diferentes estádios larvais consumirem ninfas e adultos de *M. rosae* e/ou ovos
11 da presa alternativa *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). Os tratamentos testados
12 foram: T1: Larvas alimentadas com ovos de *E. kuehniella* (EK-controle); T2: Larvas de
13 primeiro ínstar alimentadas com ovos de *E. kuehniella* e demais ínstars com *M. rosae*
14 (EK+MR); T3: Larvas alimentadas apenas com *M. rosae* (MR). O experimento foi conduzido
15 a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas. Os pulgões foram oriundos de uma criação
16 mantida em roseiras cv. Avalanche. A inclusão do afídeo na dieta larval de *C. externa*
17 (EK+MR e MR) acarretou no prolongamento do desenvolvimento das fases imaturas, apesar
18 disso, houve elevada sobrevivência dos estádios e fases preimaginais, com valor mínimo de
19 82,5% e alta emergência de adultos. Houve menor fecundidade e período de oviposição de
20 fêmeas adultas oriundas de larvas alimentadas com pulgões, mas isso não interferiu nas taxas
21 líquidas de reprodução (R_0), intrínsecas de crescimento (r_m) e infinita de crescimento (λ), nem
22 tão pouco na razão sexual, peso de adultos, períodos de pré-oviposição e pós-oviposição e
23 oviposição diária, com valores semelhantes ao alimento padrão (EK). Conclui-se que o
24 consumo do pulgão durante todo período larval ou a partir do segundo ínstar foi adequado
25 para o desenvolvimento de *C. externa*.

26

27 **Palavras-chave:** Crisopídeo, Pulgão, Traça-da-farinha, Alimento alternativo.

28

29

30

31

1 INTRODUÇÃO

2
3 Cultivos de roseiras geralmente são acometidos por vários problemas fitossanitários,
4 como o ataque pelo pulgão *Macrosiphum rosae* Linnaeus, 1758 (Hemiptera: Aphididae), que
5 se constitui em um grave entrave à produção por interferir no rendimento econômico da
6 cultura (Carvalho et al., 2012). Esses insetos sugam a seiva das plantas resultando em murcha,
7 redução do vigor e abortamento de botões (Singh et al., 2014). Sobre suas excretas, o
8 “honeydew”, se desenvolvem fungos negros que diminuem a capacidade fotossintética da
9 planta e, especialmente, reduzem o valor comercial dos botões florais por afetarem sua
10 qualidade e estética (Reynolds, 1999), o que torna essencial o controle desse afídeo.

11 Em se tratando da cadeia produtiva de rosas, existe outra questão de importância, no
12 que tange à qualidade do produto a ser comercializado, se refere à ausência de resíduos
13 químicos, os quais têm sido uma exigência cada vez maior por parte dos consumidores em
14 geral. Frente a esse cenário, o controle biológico tem sido uma estratégia cada vez mais aceita
15 e procurada pelos produtores de rosas (Souza e Marucci, 2021) e, nesse contexto, *Chrysoperla*
16 *externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) se insere como um agente com elevada
17 probabilidade para uso contra essa praga. Esses predadores têm ocorrência Neotropical e são
18 encontrados nos mais diversos agroecossistemas dessa região biogeográfica, contribuindo
19 para a redução populacional de várias espécies de pragas agrícolas como moscas-brancas,
20 psilídeos, tripses, cochonilhas, ovos ou larvas de mariposas, ácaros e pulgões (Carvalho &
21 Souza, 2009; Castro et al., 2016; Cortez-Mondaca et al., 2016; Cuello et al., 2019; Dias et al.,
22 2018; Garzón et al., 2015; Lara et al., 2020; Luna-Espino et al., 2020; Morando et al., 2014;
23 Pedro-Neto et al., 2008; Pitwak et al., 2016; Romero et al., 2019).

24 As principais formas de aplicação de crisopídeos em cultivos ao redor do mundo são
25 por meio da liberação de ovos ou larvas de 2º ínstar (Koppert Biological Systems, 2021;
26 Nordlund et al., 2001). No Brasil, *C. externa* já tem sido comercializada por empresas de
27 bioinsumos para liberações na fase de ovo para o controle de pragas em cultivos de café,
28 eucalipto, na horticultura, entre outros (JB Biotecnologia Agentes Biológicos, 2021). No caso
29 de serem liberadas no 2º ínstar, as larvas recém-eclodidas seriam supridas com ovos da presa
30 alternativa *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (Lepidoptera: Pyralidae), que são considerados
31 um referencial nos estudos envolvendo o efeito da dieta alimentar sobre a biologia e
32 desempenho desse crisopídeo (Murata et al., 2006; Carvalho & Souza, 2009; Morando et al.,
33 2014), para depois serem liberadas para controle desse pulgão.

1 Considerando-se que o conhecimento do efeito da presa alvo do controle sobre a
2 biologia do predador constitui-se em uma das principais etapas para o uso e sucesso do
3 controle biológico aplicado (Parra et al., 2015) e que as informações sobre os parâmetros
4 populacionais são valorosas para a aferição do crescimento populacional (Jiang et al., 2019),
5 conduzimos este trabalho com o objetivo de avaliar parâmetros biológicos e populacionais de
6 *C. externa* após diferentes estádios larvais consumirem ovos de *E. kuehniella* e/ou ninfas e
7 adultos de *M. rosae*.

9 MATERIAL E MÉTODOS

11 Obtenção dos insetos

13 O experimento foi conduzido no Laboratório de Controle Biológico de Entomófagos
14 (LCBE), DEN/UFLA, a $25\pm 1^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas. Os pulgões (*M. rosae*)
15 foram multiplicados em roseiras da cultivar Avalanche, de coloração branca (*Rosa* spp.), em
16 casa de vegetação do Departamento de Entomologia (DEN), Escola de Ciências Agrárias de
17 Lavras (ESAL), da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Para os experimentos,
18 estabeleceu-se uma criação em laboratório a partir de exemplares coletados em roseiras e
19 transferidos para placas de Petri (15 cm de diâmetro) contendo folíolos tomados da região
20 médio-superior das plantas. Os folíolos foram mantidos sobre uma camada de ágar: água (1%)
21 para manutenção da turgescência e da qualidade do substrato alimentar, conforme
22 metodologia adotada por outros pesquisadores (Garzón et al., 2015).

23 A criação de *C. externa* foi mantida no DEN/UFLA conforme descrito por Carvalho e
24 Souza (2009). As larvas foram alimentadas com ovos esterilizados de *E. kuehniella*,
25 adquiridos da empresa PROMIP – Manejo Integrado de Pragas[®], e os adultos receberam água
26 e uma dieta composta por levedo de cerveja e mel.

28 História de vida de *Chrysoperla externa* alimentada com ninfas e adultos de 29 *Macrosiphum rosae* e/ou ovos *Ephestia kuehniella*

31 Levaram-se em consideração as duas formas de aplicação de *C. externa*, liberação das
32 de ovos e de larvas de 2º ínstar. Assim, o estudo contou com os seguintes tratamentos: T1:
33 Larvas alimentadas apenas com ovos de *E. kuehniella* (EK-controle); T2: Larvas de primeiro

1 ínstar alimentadas com ovos de *E. kuehniella* e demais ínstaes com *M. rosae* (EK+MR); T3:
2 Larvas alimentadas apenas com *M. rosae* (MR).

3 Ovos de *C. externa* com até 24 horas a partir da oviposição e provenientes da segunda
4 geração de insetos submetidos a cada tratamento, foram individualizados em placas usadas em
5 teste de ELISA (Enzyme Linked Immunono Sorbent Assay). Após a eclosão, as larvas foram
6 transferidas para um recipiente plástico (5 cm de diâmetro x 4,5 cm de altura), fechados com
7 tampas contendo uma abertura de 2 cm x 2 cm, que foi revestida por tecido tipo “voile”.
8 Adicionou-se a cada um dos recipientes um disco de papel filtro (4 cm de diâmetro) que
9 serviu como local de abrigo e substrato para a limpeza das peças bucais das larvas.
10 Diariamente, eram adicionados ninfas e adultos do pulgão e ovos de *E. kuehniella*, em
11 quantidade superior à capacidade de consumo das larvas, de modo a não haver qualquer
12 restrição quanto à alimentação pelo predador.

13 Após a emergência, os adultos foram individualizados para a identificação do sexo
14 (fêmea e macho) e tomada do peso, o que foi feito em uma balança analítica (0,001g) (Marte
15 AY220) da empresa Marte Balanças e Equipamentos de Precisão Ltda. Posteriormente,
16 formaram-se casais que foram individualizados em gaiolas cilíndricas de PVC (10 cm x 10
17 cm), revestidas internamente com papel sulfite branco, utilizado como substrato para
18 oviposição. Foram fornecidas água e dieta artificial composta por levedo de cerveja e mel
19 (1:1).

20 Os insetos foram inspecionados diariamente para avaliação dos parâmetros biológicos
21 estudados nas fases imatura e adulta, bem como dos parâmetros populacionais de *C. externa*.
22 No período preimaginal foram avaliadas: duração (dias) e sobrevivência (%) da fase
23 embrionária, de cada ínstar larval e das fases de pré-pupa e pupa. Na fase adulta foram
24 avaliados: o peso (mg) de machos e fêmeas ao emergirem, a razão sexual, obtida pela fórmula
25 ($RS = n^{\circ} \text{ fêmeas} / n^{\circ} \text{ machos} + n^{\circ} \text{ fêmeas}$) (Silveira Neto et al., 1976), período de pré e pós-
26 oviposição (dias), período de oviposição (dias), produção diária e total de ovos (número),
27 viabilidade dos ovos (%), longevidade de adultos e de fêmeas e machos separadamente (dias),
28 além do ciclo total de vida (ovo - mortalidade dos adultos) (dias).

29 Para avaliação da viabilidade dos ovos, dez ovos de cada uma das repetições eram
30 coletados diariamente e individualizados em placas ELISA fechadas com filme de PVC
31 transparente. Foi estabelecida a porcentagem de ovos viáveis (%) conforme o número de
32 larvas eclodidas. Os parâmetros populacionais avaliados foram: taxa intrínseca de crescimento
33 ($r_m = \sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$), taxa finita de crescimento ($\lambda = e^r$), taxa líquida de reprodução

1 $(Ro = \sum_{n=0}^{\infty} lxm_x)$ e o tempo médio de geração $(T = \frac{\ln(Ro)}{r})$ (Birch, 1948; Chi & Liu, 1985;
2 Chi, 1988; Goodman, 1982). As médias e os erros padrão dos parâmetros populacionais foram
3 estimados utilizando-se o método de Bootstrap, com 100.000 reamostragens e as diferenças
4 existentes analisadas pelo teste de Bootstrap pareado, utilizando-se o programa estatístico
5 TWSEXMSChart (Chi, 2020; Efron & Tibshirani, 1993; Huang et al., 2018).

6 Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três tratamentos
7 contendo 80 repetições cada. Para todos os parâmetros, adotou-se o nível de significância de
8 $p < 0,05$ para detecção de diferenças entre os tratamentos. Os dados referentes ao período de
9 oviposição, longevidade dos adultos sem distinção de sexo e de fêmeas e machos
10 separadamente, oviposição diária e total, assim como os dados obtidos para o ciclo de vida
11 seguiram os pressupostos da análise de variância (ANOVA), normalidade dos resíduos e
12 homocedasticidade da variância, através dos testes de Anderson-Darling e Bartlett,
13 respectivamente. Os dados para as variáveis peso e longevidade seguiram o esquema
14 bifatorial com três tipos de regime alimentar e dois sexos. Os dados de duração das fases e
15 estádios de desenvolvimento imaturo, períodos de pré e pós-oviposição foram analisadas pelo
16 teste não paramétrico Kruskal-Wallis e, em caso significativo, as médias foram confrontadas
17 pelo teste de multicomparação de Dunn.

18 A sobrevivência dos estádios imaturos e a razão sexual foram analisadas pelo Modelo
19 Linear Generalizado (GLM), binomial, link logit e teste F. Os dados de peso e viabilidade dos
20 ovos foram analisados pelo GLM com modelo Gamma, link inverse e teste F. As médias dos
21 dados foram analisadas pelo teste de Tukey. Todas as análises foram feitas no programa
22 estatístico R 3.6 (R Core Team, 2019). Utilizaram-se os pacotes estatísticos nortest (Gross &
23 Ligges, 2015), rstatix (Kassambara, 2021), hnp (Moral et al., 2017) e emmeans (Lenth et al.,
24 2021).

25

26 **RESULTADOS**

27

28 **Desenvolvimento e sobrevivência preimaginal de *Chrysoperla externa*** 29 **alimentada com ovos de *Ephestia kuehniella* e/ou ninfas e adultos de** 30 ***Macrosiphum rosae***

31

32 O tempo de desenvolvimento imaturo de *C. externa* variou conforme o suprimento
33 com ovos de *E. kuehniella* e/ou ninfas e adultos *M. rosae*, exceto a fase de ovo ($K = 3,86$; $df =$
34 2 ; $p = 0,145$), cuja duração média foi próxima de cinco dias, independentemente da dieta

1 recebida pelas larvas da geração precedente. Ao se alimentarem apenas de *M. rosae* (T3-MR),
2 as larvas permaneceram mais tempo no primeiro (K= 78,63; df= 2; $p < 0,001$), segundo (K=
3 24,018; df= 2; $p < 0,001$) e terceiro ínstar (K= 147,54; df= 2; $p < 0,001$) e nas fases de pré-pupa
4 (K= 44,787; df= 2; $p < 0,001$) e de pupa (K= 29,802; df= 2; $p < 0,001$), o que acarretou um
5 aumento significativo do período preimaginal (K= 137,62; df= 2; $p < 0,001$), comparado ao
6 verificado para aquelas que consumiram exclusivamente ovos de *E. kuehniella* (T1-EK)
7 (Tabela 1).

8 Com relação à sobrevivência, os regimes alimentares constituídos por ovos de *E.*
9 *kuehniella* e/ou *M. rosae* também não interferiram na fase de ovo de *C. externa* (F= 0,239;
10 df= 2; $p = 0,786$) (Tabela 2). Apesar de ter acarretado o prolongamento da duração do período
11 de desenvolvimento pós-embrionário, quando as larvas consumiram somente ninfas e adultos
12 de *M. rosae* (T3-MR), essa dieta não afetou a sobrevivência do primeiro (F= 2,158; df= 2; $p =$
13 0,116), segundo (F= 2,214; df= 2; $p = 0,109$) e terceiro ínstar (F= 0,239; df= 2; $p = 0,787$) e,
14 tampouco, das fases de pré-pupa (F= 2,157; df= 2; $p = 0,116$) e pupa (F= 1,507; df= 2; $p =$
15 0,221), que apresentaram valores acima de 93%. Entretanto, o consumo de apenas pulgões
16 desencadeou um efeito cumulativo que resultou em menor sobrevivência do período ovo-pupa
17 (F= 4,751; df= 2; $p < 0,01$), em relação às dietas contendo ovos de *E. kuehniella* (T1-EK e T2-
18 EK+MR) (Tabela 2).

19

20 **Desenvolvimento de adultos de *Chrysoperla externa* alimentados com ovos de** 21 ***Ephestia kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *Macrosiphum rosae* na fase larval** 22

23 Logo após a emergência do casulo registrou-se a mortalidade de um adulto farato em
24 cada um dos tratamentos, os quais, apesar de terem emergido como pupa móvel, não
25 conseguiram expandir as asas. Os adultos sobreviventes apresentaram pesos semelhantes entre
26 si (F= 3,026; df= 2; $p = 0,051$), independente do regime alimentar ofertado às larvas, porém, as
27 fêmeas ganharam maior peso que os machos (F= 147,222; df= 1; $p < 0,001$) (Figura 1). Não
28 foi constatado interação entre os tipos de alimentos ingeridos e o sexo dos espécimes
29 avaliados (F= 2,431; df= 2; $p = 0,090$).

30 Logo após a tomada do peso dos adultos, procedeu-se ao pareamento dos sexos
31 formando-se 37, 32 e 31 casais referentes aos tratamentos EK, EK+MR e MR,
32 respectivamente. O tipo de dieta alimentar ingerida pelas larvas não interferiu de forma
33 significativa na razão sexual (F= 0,103; df= 2; $p = 0,902$), períodos de pré-oviposição (K=
34 5,780; df= 2; $p = 0,055$) e pós-oviposição (K= 1,170; df= 2; $p = 0,556$) e, tampouco, na

1 produção média diária ($F= 2,860$; $df= 2$; $p=0,062$) e viabilidade dos ovos ($F= 1,536$; $df = 2$;
2 $p= 0,220$) (Tabela 3). Não houve diferença entre a longevidade de fêmeas e machos (fêmeas:
3 $61,71 \pm 1,58$ e machos: $63,55 \pm 1,80$) ($F= 0,654$; $df= 1$; $p= 0,419$), mas, os regimes
4 alimentares aplicados às larvas de *C. externa* influenciaram na longevidade de adultos ($F=$
5 $12,924$; $df= 2$; $p< 0,001$). A maior longevidade dos adultos ocorreu para o tratamento EK
6 ($69,98 \pm 2,16$ dias), em relação aos tratamentos EK+MR e MR ($59,90 \pm 1,76$ dias e $56,66 \pm$
7 $1,82$ dias, respectivamente).

8 Fêmeas oriundas de larvas que consumiram ovos de *E. kuehniella* durante toda a fase
9 larval (EK) apresentaram um período de oviposição mais longo ($F= 10,666$; $df= 2$; $p< 0,001$),
10 maior quantidade de ovos totais em todo período reprodutivo ($F= 9,925$; $df= 2$; $p< 0,001$) e
11 maior ciclo de vida ($F= 4,463$; $df= 2$; $p< 0,05$) em relação aos adultos provenientes de larvas
12 alimentadas com pulgões (EK+MR e MR) (Tabela 3).

13

14 **Parâmetros populacionais de *Chrysoperla externa* alimentada com ovos de** 15 ***Ephestia kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *Macrosiphum rosae* na fase larval**

16

17 O tipo de alimento ingerido na fase larval não influenciou significativamente as taxas
18 intrínsecas de aumento (r_m), finita de crescimento (λ) e líquida de reprodução (R_0), todavia, o
19 tempo médio da geração (T) foi maior quando as larvas consumiram apenas pulgões (MR)
20 (Tabela 4).

21

22 **DISCUSSÃO**

23

24 As larvas de *C. externa* são predadoras vorazes de várias espécies de pulgões (Fonseca
25 et al., 2015; Gamboa et al., 2016; Palomares-Pérez et al., 2019), e possuem potencial para o
26 controle biológico de *M. rosae*. Contudo, não se conheciam as consequências do consumo
27 exclusivo desse afídeo durante todo o período larval, ou apenas a partir do segundo ínstar,
28 com ovos de *A. kuehniella* fornecidos ao primeiro ínstar, sobre parâmetros biológicos e
29 populacionais desse crisopídeo. Neste estudo, verificou-se que todos os regimes alimentares
30 (ovos de *E. kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *M. rosae*) possibilitaram o desenvolvimento,
31 sobrevivência e reprodução de *C. externa*, havendo, contudo, diferenças na sua história de
32 vida conforme o tipo de presa ingerida.

33 Larvas que se alimentaram de ovos de *E. kuehniella* no primeiro ínstar e *M. rosae* nos
34 ínstares seguintes, bem como aquelas que consumiram apenas ovos desse piralídeo,

1 apresentaram a duração dos estádios e das fases preimaginais semelhantes entre si, exceto a
2 pré-pupa. No entanto, houve um prolongamento desses estádios/fases quando se alimentarem
3 exclusivamente de ninfas e adultos de *M. rosae*. Um atraso no desenvolvimento larval de *C.*
4 *externa* também foi verificado quando alimentadas com *Aphis gossypii* Glöver, 1877 (Costa et
5 al., 2002), *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Garzón et al., 2015) ou *Rhopalosiphum padi*
6 (Linnaeus, 1758) e *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775) (Hemiptera: Aphididae) (Pitwak et al.,
7 2016). A extensão da fase larval em função da espécie de afídeo utilizada como presa também
8 foi constatada para outras espécies de crisopídeos (Costa et al., 2019; Colares et al., 2015;
9 Halder & Rai, 2014; Oliveira et al., 2016). Para exemplificar, Sayed e Alghmdi (2017)
10 constataram que *M. rosae* é uma presa adequada para *Dichochrysa tacta* (Navás, 1921)
11 (Neuroptera: Chrysopidae), ainda que tenha proporcionado um aumento no tempo de
12 desenvolvimento do predador.

13 De uma forma geral, os afídeos possuem maior teor de carboidratos do que de
14 proteínas e lipídeos, o oposto da composição dos ovos de *E. kuehniella* (Specty et al., 2003),
15 características que podem atender apenas parcialmente às necessidades nutricionais desses
16 predadores afidófagos que se encontram em regime de confinamento, como no caso das
17 pesquisas em laboratório. Porém, em se tratando de espécies generalistas, um impacto de
18 relevância sobre a densidade de suas populações nos ambientes de cultivo dificilmente irá
19 ocorrer, pois podem complementar sua alimentação predando outras presas. Outra questão já
20 tratada por alguns autores, refere-se ao fato de os crisopídeos requerem maior despendimento
21 de energias para captura dos pulgões (Pappas et al., 2007) em relação a presas sésseis, como
22 os ovos de lepidópteros em geral.

23 Com relação aos demais parâmetros avaliados, verificou-se que a sobrevivência na
24 fase de ovo, dos estádios larvais e das pré-pupas e pupas foram elevadas (superiores a 93%).
25 A sobrevivência mínima do período ovo-pupa (próxima a 82%) é considerada ótima, pois
26 conforme Parra (2007), em se tratando de dietas artificiais, essa exigência é ainda menor,
27 devendo ser superior a 75%.

28 Os alimentos ingeridos durante a fase larval também refletiram no desempenho
29 reprodutivo de *C. externa*. Fêmeas oriundas de larvas alimentadas apenas com o pulgão
30 apresentaram menor fecundidade ($783 \pm 44,89$ ovos), tiveram um período de oviposição mais
31 curto ($48,38 \pm 2,91$) e menor longevidade ($55,63 \pm 1,84$), em relação àquelas que receberam
32 ovos de *E. kuehniella* (EK), adotados como alimento completo (padrão) para larvas de
33 crisopídeos em geral. Ainda que tenham sido inferiores aos constatados para ovos do

1 piralídeo, os resultados obtidos para esses parâmetros foram mais altos do que os encontrados
2 por Macedo et al. (2010), para larvas desse crisopídeo alimentadas com *A. gossypii*.

3 Adultos provenientes de larvas que tiveram *M. rosae* como componente integral ou
4 parcial da sua dieta alimentar larval (MR e EK+MR) obtiveram peso, razão sexual,
5 longevidade de fêmeas e machos, períodos de pré e pós-oviposição, oviposição diária e
6 viabilidade dos ovos, além dos fatores populacionais [taxas intrínsecas de crescimento (r_m),
7 infinita de crescimento (λ) e líquida de reprodução (R_0)], similares àqueles que consumiram
8 apenas ovos de *E. kuehniella*.

9 Constatou-se que o peso de adultos foi superior ao obtido por Figueira et al. (2002),
10 que relataram uma variação de 4,46 a 5,69 miligramas, a depender do genótipo de sorgo em
11 que o pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) foi criado e
12 utilizado na alimentação das larvas. Maior peso e longevidade de fêmeas em relação aos
13 machos, também foram observados por Pitwak et al. (2016), após as larvas se alimentarem de
14 ovos de *E. kuehniella* e *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae). A
15 razão sexual e o número médio diário de ovos, bem como a duração dos períodos de pré e pós
16 oviposição, condizem com os verificados por Garzón et al. (2015), embora as larvas tenham
17 sido alimentadas com *M. persicae*. Quanto à viabilidade dos ovos, a porcentagem de larvas
18 eclodidas foi alta e superior ao observado por Costa et al. (2012), para larvas alimentadas com
19 *Neotoxoptera formosana* (Takahashi, 1921) (Hemiptera: Aphididae).

20 Em contraste, as taxas intrínseca (r_m) e finita (λ) de crescimento e o tempo requerido
21 para completar uma geração ($T=28,9$ dias) foram inferiores aos resultados de Palomares-Pérez
22 et al. (2020), quando as larvas foram alimentadas com *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897)
23 (Hemiptera: Aphididae), ao passo que a taxa líquida de reprodução (R_0) foi maior que a obtida
24 pelos autores ($R_0=113,2$ descendentes/espécime). Diferenças como essas, verificadas na
25 literatura científica relacionada, podem ser atribuídas a uma diversidade de fatores, bióticos e
26 abióticos, além de características intrínsecas às espécies envolvidas nos estudos.

27 De uma forma geral, o consumo de *M. rosae* (EK+MR e MR) pelos diferentes estádios
28 larvais de *C. externa* acarretou em resultados positivos sobre os parâmetros biológicos e
29 populacionais do predador. Ovos de *E. kuehniella* são utilizados como presa alternativa em
30 criações massais e em pesquisas científicas como alimento padrão por propiciar elevada taxa
31 de sobrevivência e reprodução e menor tempo de desenvolvimento de *C. externa*. A
32 similaridade do efeito de *M. rosae*, uma presa natural, sobre vários parâmetros biológicos e
33 populacionais desse crisopídeo, sugere-se que esse afídeo seja uma presa adequada para o
34 predador.

1 Além disso, é muito importante mencionar as duas formas de aplicação dos
2 crisopídeos (liberação de ovos ou larvas de segundo ínstar) visando à redução populacional da
3 praga alvo. Mesmo que o fornecimento de ovos de *E. kuehniella* para larvas de primeiro ínstar
4 de *C. externa* corresponda a cerca de apenas 10% do consumo total verificado durante a fase
5 de larva (Bezerra et al., 2017), deve-se considerar a possibilidade de redução dos gastos com a
6 produção ou aquisição desses ovos. Este estudo traz um incremento fundamental aos estudos
7 envolvendo o controle biológico de *M. rosae* associados a roseiras, pois ressalta o potencial
8 de *C. externa* como agente biocontrolador, bem como a importância da qualidade da presa
9 sobre seu desempenho biológico.

11 CONCLUSÃO

13 *M. rosae* é uma presa adequada para *C. externa* quando ofertada durante todo período larval
14 ou a partir do segundo ínstar do predador, tendo sido alimentado, no primeiro ínstar, com
15 ovos de *E. kuehniella*.

17 REFERÊNCIAS

- 19 Birch, L. C. (1948). The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *The Journal*
20 *of Animal Ecology*, 17(1), 15-26. doi: 10.2307/1605
- 22 Bezerra, C. E. S., Amaral, B. B., & Souza, B. (2017). Rearing *Chrysoperla externa* larvae on
23 artificial diets. *Neotropical Entomology*, 46 (1), 93-99. doi: 10.1007/s13744-016-0427-5
- 25 Carvalho, C. F., & Souza, B. (2009). Métodos de criação e produção de crisopídeos. In V. H.
26 P. Bueno, (Ed.). *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*.
27 (p.77-115), Lavras: UFLA.
- 29 Carvalho, L. M., Silveira, C. A., Taques, T. C., Almeida, E. F. A., & Reis, S. N. (2012).
30 Principais pragas em cultivo de roseira: reconhecimento e controle. *Circular Técnica*, Belo
31 Horizonte: EPAMIG, n. 157.
- 33 Castro, M. A., Martínez, J. W., & Dotor, M. Y. (2016). Evaluación del efecto regulador de
34 *Chrysoperla externa* sobre mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* en tomate. *Revista de*
35 *Ciencias Agrícolas*, 33 (2), 43-54. doi: 10.22267/rcia.163302.51
- 37 Chi, H. S. I. N., & Liu, H. S. I. (1958). Two new methods for the study of insect population
38 ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica*, 24 (2), 225-240.
- 40 Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates
41 among individuals. *Environmental Entomology*, 17 (1), 26-34. doi: 10.1093/ee/17.1.26

- 1 Chi, H. (2020). TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table
2 analysis. Disponível em: <<http://140.120.197.173/Ecology/prod02.htm>> Acesso em 23 de
3 junho de 2020.
- 4
- 5 Colares, F., Michaud, J. P., Bain, C. L., & Torres, J. B. (2015). Indigenous aphid predators
6 show high levels of preadaptation to a novel prey, *Melanaphis sacchari* (Hemiptera:
7 Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 108 (6), 2546-2555. doi: 10.1093/jee/tov235
- 8
- 9 Costa, R. I. F., Ecole, C. C., Soares, J. J., & Macedo, L. P. M. (2002). Duração e viabilidade
10 das fases pré-imaginais de *Chrysoperla externa* (Hagen) alimentadas com *Aphis gossypii*
11 Glover e *Sitotroga cerealella* (Olivier). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 24, 353-357.
12 doi: 10.4025/actascibiols.v24i0.2289
- 13
- 14 Costa, M. B., Bezerra, S., Souza, B., Soares, A., & Silva, M. (2012). Development and
15 reproduction of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) fed with *Neotoxoptera*
16 *formosana* (Hemiptera: Aphididae). *Revista Colombiana de Entomología*, 38 (2), 187-190.
- 17
- 18 Costa, S. S., Broglio, S. M., Dias-Pini, N. S., Santos, D. S., Santos, J. M., Duque, F. J., &
19 Saraiva, W. V. (2019). Developmental biology and functional responses of *Leucochrysa*
20 (*Nodita*) *azevedoi* fed with different prey. *Biocontrol Science and Technology*, 30 (1), 42-50.
21 doi: 10.1080/09583157.2019.1687644
- 22
- 23 Cortez-Mondaca, E., López-Buitimea, M., López-Arroyo, J. I., Orduño-Cota, F. J., & Herrera-
24 Rodríguez, G. (2016). Especies de Chrysopidae Asociadas al Pulgón del Sorgo en el Norte de
25 Sinaloa, México. *Southwestern Entomologist*, 41(2), 541-545. doi: 10.3958/059.041.0222
- 26
- 27 Cuello, E. M., Andorno, A. V., Hernandez, C. M., & Lopez, S. N. (2019). Prey consumption
28 and development of the indigenous lacewing *Chrysoperla externa* feeding on two exotic
29 Eucalyptus pests. *Biocontrol Science and Technology*, 29 (12), 1159-1171. doi:
30 10.1080/09583157.2019.1660958
- 31
- 32 Dias, P. M., de Loureiro, E. S., Pessoa, L. G. A., & Devoz, G. L. R. (2018). Potencial de Uso
33 de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) Alimentada com *Diatraea saccharalis*
34 (Lepidoptera: Crambidae) em Sistemas Agroecológicos. *Cadernos de Agroecologia*, 13 (2),
35 10-10.
- 36
- 37 Dhandapani, N., Sarkar, P., & Mishra, G. (2016). Chrysopids. In: K. K. Omkar
38 (Ed.). *Ecofriendly Pest Management for Food Security* (p. 311-327), London, USA.
- 39
- 40 Efron, B., & Tibshirani, R. J. (1993). *An introduction to the bootstrap*. Chapman & Hall, New
41 York. doi: 10.1201/9780429246593
- 42
- 43 Figueira, L. K., Lara, F. M., & Cruz, I. (2002). Efeito de genótipos de sorgo sobre o predador
44 *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentado com *Schizaphis*
45 *graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, 31, 133-139. doi:
46 10.1590/S1519-566X2002000100018
- 47
- 48 Fonseca, A. R., Carvalho, C. F., Cruz, I., Souza, B., & Ecole, C. C. (2015). Development and
49 predatory capacity of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae at different
50 temperatures. *Revista Colombiana de Entomología*, 41 (1), 4-11.

- 1 Gamboa, S., Souza, B., & Morales, R. (2016). Predatory activity of *Chrysoperla externa*
2 (Neuroptera: Chrysopidae) on *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) in Rosa sp.
3 crop. *Revista Colombiana de Entomología*, 42 (1), 54-58. doi: 10.25100/socolen.v42i1.6670
4
- 5 Garzón, A., Freire, B. C., Carvalho, G. A., Oliveira, R. L., Medina, P., & Budia, F. (2015).
6 Development and reproduction of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae)
7 fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) vectoring Potato leafroll virus
8 (PLRV). *Neotropical entomology*, 44 (6), 604-609. doi: 10.1007/s13744-015-0329-y
9
- 10 Goodman, D. (1982). Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive
11 value. *The American Naturalist*, 119 (6), 803-823.
12
- 13 Gross, J., & Ligges, U. (2015). *nortest*: Tests for Normality. R package version 1.0-4.
14 <http://CRAN.R-project.org/package=nortest>
15
- 16 Halder, J., & Rai, A. B. (2014). Suitability of Different Prey Aphids on the Growth,
17 Development and Reproduction of *Chrysoperla zastrowi sillemi* (Esben-Petersen)
18 (Chrysopidae: Neuroptera). *Proceedings of the Zoological Society*, 69 (1), 89-95. doi:
19 10.1007/s12595-014-0131-6
20
- 21 Huang, H. W., Chi, H., & Smith, C. L. (2018). Linking demography and consumption of
22 *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Solanum*
23 *photeinocarpum* (Solanales: Solanaceae): with a new method to project the uncertainty of
24 population growth and consumption. *Journal of economic entomology*, 111 (1), 1-9. doi:
25 10.1093/jee/tox330
26
- 27 JB Biotecnologia Agentes Biológicos. (2021). Disponível em: <https://jbbiotecnologia.com.br/>.
28 Acesso em: 11 de novembro, 2021.
29
- 30 Jiang, J., Wang, Y., Mu, W., & Zhang, Z. (2020). Sublethal effects of anthranilic diamide
31 insecticides on the demographic fitness and consumption rates of the *Coccinella*
32 *septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis craccivora*. *Environmental Science*
33 *and Pollution Research*, 27 (4), 4178-4189. doi: 10.1007/s11356-019-06993-z
34
- 35 Kassambara, A. (2021). *rstatix*: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests. R
36 package version 0.7.0, 2021. Available at: [https://CRAN.R-
37 project.org/package=rstatix](https://CRAN.R-project.org/package=rstatix). Accessed January 04, 2021.
38
- 39 Koppert Biological Control. (2021). Available in: < <https://www.koppert.com/chrysopa/>>.
40 Access in: June 10th, 2021.
41
- 42 Lara, R. I. R., Fernandes, D. R., Sosa-Duque, F. J., Antunes, N. T., de Freitas, S., & Perioto,
43 N. W. (2020). Temporal variation of Brown and Green Lacewings (Neuroptera:
44 Hemerobiidae and Chrysopidae) collected with McPhail traps from a fruit orchard in
45 Southeast Brazil. *Entomological Communications*, 2, ec02005-ec02005. doi: 10.37486/2675-
46 1305.ec02005
47
- 48 Lenth, R., Buerkner, P., Herve, M., Love, J., Riebl, H., & Singmann, H. (2021). Emmeans:
49 Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. *The American Statistician*, 34(4), 216-
50 221. doi: 10.1080/00031305.1980.10483031

- 1 Luna-Espino, H. M., Jiménez-Pérez, A., & Castrejón-Gómez, V. R. (2020). Assessment of
2 *Chrysoperla comanche* (Banks) and *Chrysoperla externa* (Hagen) as biological control agents
3 of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) on tomato (*Solanum*
4 *lycopersicum*) under glasshouse conditions. *Insects*, 11 (2), 87. doi: 10.3390/insects11020087
5
- 6 Macedo, L. P. M., Pessoa, L. G. A., Souza, B., & de Souza Loureiro, E. (2010). Aspectos
7 biológicos e comportamentais de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) em algodoeiro. *Semina:*
8 *Ciências Agrárias*, 31 (1), 1219-1228.
9
- 10 Messelink, G. J., Vijverberg, R., Leman, A., & Janssen, A. (2016). Biological control of
11 mealybugs with lacewing larvae is affected by the presence and type of supplemental prey.
12 *BioControl*, 61 (5), 555-565. doi: 10.1007/s10526-016-9739-y
13
- 14 Moral, R. A., Hinde, J., & Demétrio, C. G. B. (2017). Half-Normal Plots and Overdispersed
15 Models in R: The hnp Package. *Journal of Statistical Software*, 81 (10), 1-23. doi:
16 10.18637/jss.v081.i10
17
- 18 Morando, R., Toscano, L. C., Martins, G. L. M., Eduardo, W. I., Maruyama, W. I., & Santos,
19 L. S. (2014). Predação e desenvolvimento de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861)
20 (Neuroptera, Chrysopidae) alimentado com ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836)
21 (Acari: Tetranychidae) oriundos de feijoeiro. *Agrarian*, 7 (23), 42-48.
22
- 23 Murata, A. T., Caetano, A. C., de Bortoli, S. A., & de Brito, C. H. (2006). Capacidade de
24 consumo de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chysopidae) em diferentes
25 presas. *Revista Caatinga*, 19 (3), 304-309.
26
- 27 Nordlund, D. A., Cohen, A.C., & Smith, R. A. (2001). Mass-rearing, release techniques, and
28 augmentation. In: P. K. Mcewen, T. R. New, A. E. Whittington (Eds.). *Lacewings in the crop*
29 *environment*. (p. 303–319), Cambridge: Cambridge University Press. doi:
30 10.1017/CBO9780511666117
31
- 32 Nunes, G. S., da Silva, I. T. F. A., de Oliveira Barbosa, V., Dantas, T. A. V., de Oliveira, R.,
33 & de Luna Batista, J. (2017). Influência da alimentação de *Anagasta kuehniella* Zeller
34 (Lepidoptera: Pyralidae) no desenvolvimento de *Ceraeochrysa cubana* Hagen (Neuroptera:
35 Chrysopidae). *EntomoBrasilis*, 10 (1), 14-18. doi: 10.12741/ebrasilis.v10i1.641
36
- 37 Oliveira, R. L., Moscardini, V. F., Gontijo, P. C., Sâmia, R. R., Marucci, R. C., Budia, F., &
38 Carvalho, G. A. (2016). Life history parameters and feeding preference of the green lacewing
39 *Ceraeochrysa cubana* fed with virus-free and potato leafroll virus-infected *Myzus persicae*.
40 *BioControl*, 61 (6), 671-679. doi: 10.1007/s10526-016-9748-x
41
- 42 Palomares-Pérez, M., Bravo-Núñez, M., & Arredondo-Bernal, H. C. (2019). Functional
43 Response of *Chrysoperla externa* (Hagen 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) Fed with
44 *Melanaphis sacchari* (Zehntner 1897) (Hemiptera: Aphididae). *Proceedings of the*
45 *Entomological Society of Washington*, 121 (2), 256-264. doi: 10.4289/0013-8797.121.2.256
46
- 47 Palomares-Pérez, M., Molina-Ruelas, T. D. J., Bravo-Núñez, M., & Arredondo-Bernal, H.
48 C. (2020). Life table of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) reared on *Melanaphis*
49 *sacchari* (Hemiptera: Aphididae). *Revista Colombiana de Entomología*, 46 (1), e6831-e6831.
50 doi: 10.25100/socolen.v46i1.6831

- 1 Pappas, M. L., Broufas, G. D., & Koveos, D. S. (2007). Effects of various prey species on
2 development, survival and reproduction of the predatory lacewing *Dichochrysa prasina*
3 (Neuroptera: Chrysopidae). *Biological Control*, 43 (2), 163-170. doi:
4 10.1016/j.biocontrol.2007.07.006
5
- 6 Parra, J. R. P. (2007). *Técnica de criação de insetos para programas de controle biológico*.
7 Piracicaba: FEALQ.
8
- 9 Parra, J. R. P. (2009). A evolução das dietas artificiais e suas interações em ciência e
10 tecnologia. In A. R. Panizzi, J. R. P. Parra (Eds). *Bioecologia de nutrição de inseto: base para*
11 *o manejo integrado de pragas* (p. 91–174). Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.
12
- 13 Parra, J. R. P., Zucchi, R. A., Coelho Jr, A., Geremias, L. D., & Cónsoli, F. L. (2015).
14 Trichogramma as a tool for IPM in Brazil. In B. Vinson, S. M. Greenberg, T. Liu, A. Rao, L.
15 F. Volosciuk (Eds.). *Augmentative Biological Control Using Trichogramma spp.: Current*
16 *Status and Perspectives* (p. 472-496), Northwest A & F University Press, Shaanxi, China.
17
- 18 Pedro Neto, M., Carvalho, C. F., Reis, P. R., Santa-Cecília, L. V. C., Souza, B., Alcantra, E.,
19 & Silva, R. A. (2008). Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen) predando
20 *Oligonychus ilicis* (McGregor) e *Planococcus citri* (Risso). *Coffee Science*, 3 (2), 85-93.
21
- 22 Pitwak, J., Oliveira, M. J., & Ventura, M. U. (2016). Development and reproductive
23 performance of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) using preys from wheat
24 crop. *Revista Colombiana de Entomología*, 42 (2), 118-123. doi:
25 10.25100/socolen.v42i2.6681
26
- 27 Principi, M. M., & Canard, M. (1984). Feeding habits. In M. Canard, Y. Semeria, T. R. New
28 (Eds.). *Biology of Chrysopidae* (p. 76-92), Dr W. Junk, The Hague.
29
- 30 R Core Team. (2019). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* Vienna,
31 Austria R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.r-project.org/>
32
- 33 Reynolds, D. E. (1999). *Capnodium citri*: the sooty mold fungi comprising the taxon concept.
34 *Mycopathologia*, 148 (3), 141-147. doi: 10.1023/A:1007170504903
35
- 36 Romero, D. A., Pérez Tesén, E., Calderón Arias, C., & Neira de Perales, M. E. (2019).
37 Especies de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) asociados al cultivo de maíz amarillo duro en
38 el departamento de Lambayeque. *Agroindustrial Science*, 9 (2), 211-218. doi:
39 10.17268/agroind.sci.2019.02.15
40
- 41 Sayed, S. M., & Alghamdi, A. (2017). Field Evaluation of two Indigenous Coccinellid
42 Species, Released for Controlling the Rose Aphid, *Macrosiphum rosae* (L.), on Rose
43 Plants. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 27 (2), 217-221.
44
- 45 Silveira Neto, S., Nakano, O., Barbin, D., & Nova, N. V. (1976). *Manual de ecologia dos*
46 *insetos*. São Paulo: Agronômica Ceres.
47
- 48 Singh, P., Dhal, M. K.; & Sagar, S. K. (2014). Experimental investigation on nutritional
49 variation in plant foliage of rose (*Rosa damascene*): effect of pest infestation. *International*
50 *Journal of Scientific and Research Publications*, 4 (5), 1-12.

- 1 Singh, R., & Singh, G. (2016). Aphids and Their Biocontrol. In: K. K. Omkar
2 (Ed.). *Ecofriendly Pest Management for Food Security* (p. 63-108), London, USA.
3
- 4 Souza B., Marucci, R. C. (2021) Biological control in ornamental plants: from basic to
5 applied knowledge. *Ornamental Horticulture* 27: 255-267. [https://doi.org/10.1590/2447-](https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i2.2365)
6 [536X.v27i2.2365](https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i2.2365)
7
- 8 Specty, O., Specty, O., Febvay, G., Grenier, S., Delobel, B., Piotte, C., Pageaux, J. F., ... &
9 Guillaud, J. (2003). Nutritional plasticity of the predatory ladybeetle *Harmonia axyridis*
10 (Coleoptera: Coccinellidae): comparison between natural and substitution prey. *Archives of*
11 *Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological*
12 *Society of America*, 52 (2), 81-91. doi: 10.1002/arch.10070
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45

1 **Tabela 1:** Duração (dias) dos estádios e fases preimaginais de *Chrysoperla externa* em função
 2 da alimentação com ovos de *Ephestia kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *Macrosiphum rosae*.

Fase/estádio	T1-EK		T2-EK+MR		T3-MR	
	N	*Média ± EP	N	Média ± EP	N	Média ± EP
Ovo	80	4,93 ± 0,03 a	80	5,00 ± 0,02 a	80	4,96 ± 0,02 a
1° ínstar	80	2,12 ± 0,04 b	78	2,27 ± 0,05 b	77	2,99 ± 0,08 a
2° ínstar	80	2,71 ± 0,05 b	76	2,81 ± 0,06 b	77	3,19 ± 0,08 a
3° ínstar	79	3,56 ± 0,06 c	75	4,43 ± 0,08 b	75	5,82 ± 0,14 a
Pré-pupa	79	3,39 ± 0,06 b	73	4,03 ± 0,07 a	72	4,07 ± 0,09 a
Pupa	78	7,17 ± 0,05 b	70	7,23 ± 0,08 b	67	7,75 ± 0,09 a
Ovo-pupa	78	23,85 ± 0,11 c	70	25,73 ± 0,18 b	67	28,69 ± 0,29 a

3 *Médias ± EP acompanhadas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Dunn
 4 (Kruskal-Walis, $p < 0,05$). N= número de observações registradas em cada estágio de desenvolvimento.
 5 EK= Consumo de ovos de *E. kuehniella* durante toda fase larval; EK + PC= Ovos de *E. kuehniella* no
 6 primeiro ínstar e *P. citri* nos ínstars subsequentes; PC= *P. citri* em todos os ínstars.

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

1 **Tabela 2:** Sobrevivência (%) dos estádios e fases preimaginais de *Chrysoperla externa* em
 2 função da alimentação com ovos de *Ephestia kuehniella* e/ou ninfas e adultos de
 3 *Macrosiphum rosae*.

Fase/estádio	T1-EK	T2-EK+MR	T3-MR
	*Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP
Ovo	98,75 ± 0,01 a	97,50 ± 0,02 a	98,75 ± 0,01 a
1° ínstar	100,00 ± 0,00 a	97,50 ± 1,75 a	96,25 ± 2,13 a
2° ínstar	100,00 ± 0,00 a	97,50 ± 1,75 a	100,00 ± 0,00a
3° ínstar	98,75 ± 1,25 a	98,75 ± 1,25 a	97,50 ± 1,75 a
Pré-pupa	100,00 ± 0,00 a	97,50 ± 1,75 a	96,25 ± 2,13 a
Pupa	98,7 ± 1,25 a	96,25 ± 2,13 a	93,75 ± 2,72 a
Ovo-pupa	96,25 ± 0,02 a	85,00 ± 0,04 ab	82,50 ± 0,04 b

4 *Médias ± EP acompanhadas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de
 5 múltiplas comparações de Tukey ($p < 0,05$), através da análise de GLM- binomial. EK= Ovos de *E.*
 6 *kuehniella*; EK + PC= Ovos de *E. kuehniella* no primeiro ínstar e *P. citri* nos ínstars subsequentes;
 7 PC= *P. citri* em todos os ínstars.

8

9

10

11

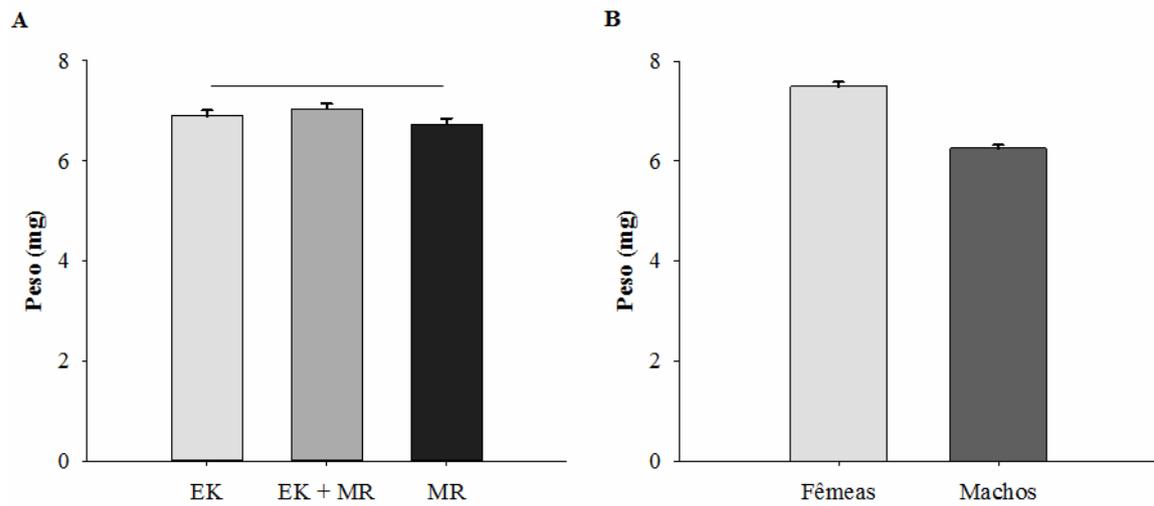
12

13

14

15

16



1

2 **Figura 1:** Peso (mg) de adultos de *Chrysoperla externa*: A: sob influência das presas3 *Ephestia kuehniella* e/ou *Macrosiphum rosae*. B: sob a influência do sexo, fêmeas e machos.4 Médias \pm EP sob barra horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey (ANOVA, $p <$ 5 0,05). EK= Ovos de *E. kuehniella*; EK + PC= Ovos de *E. kuehniella* no primeiro ínstar e *P.*6 *citri* nos ínstaes subsequentes; PC= *P. citri* em todos os ínstaes.

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1 **Tabela 3:** Parâmetros da fase adulta e ciclo de vida de *Chrysoperla externa* provenientes de
 2 larvas alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *Macrosiphum*
 3 *rosae*.

Parâmetros	T1-EK		T2-EK+MR		T3-MR	
	N	*Média ± EP	N	Média ± EP	N	Média ± EP
RZ ¹		0,51 ± 0,06 a		0,48 ± 0,06 a		0,52 ± 0,05 a
PPREO ² (dias)	37	4,08 ± 0,11 a	32	3,75 ± 0,10 a	31	4,06 ± 0,11 a
PO ³ (dias)	37	64,54 ± 2,87 a	32	52,21 ± 2,28 b	31	50,16 ± 2,16 b
OD ³ (nº de ovos)	37	17,75 ± 0,49 a	32	17,46 ± 0,67 a	31	15,87 ± 0,62 a
OT ³ (nº de ovos)	37	1140,67 ± 53,14 a	32	908,81 ± 53,95 b	31	803,03 ± 53,83b
PPOSO ² (dias)	37	1,00 ± 0,27 a	32	2,15 ± 0,66 a	31	1,67 ± 0,43 a
Ovos viáveis ⁴ (%)	37	97,48 ± 0,26 a	32	97,60 ± 0,28 a	31	98,09 ± 0,24 a
Ciclo de vida ³ (dias)	74	92,13 ± 2,07 a	64	85,53 ± 1,79 b	62	85,16 ± 1,71 b

4 *Médias ± EP acompanhadas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey
 5 (ANOVA³, GLM binomial¹ e GLM Gamma⁴) e teste Dunn (Kruskall–Wallis²) ($p < 0,05$). N=número de
 6 indivíduos. RZ= Razão sexual; PPREO e PPOSO= Período de pré e pós-oviposição; PO= Período de
 7 oviposição; OD e OT= Oviposição diária e total; EK= Ovos de *E. kuehniella*; EK + PC= Ovos de *E.*
 8 *kuehniella* no primeiro ínstar e *P. citri* nos ínstars subsequentes; PC= *P. citri* em todos os ínstars.

9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22

1 **Tabela 4:** Parâmetros populacionais de *Chrysoperla externa* provenientes de larvas
 2 alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella* e/ou ninfas e adultos de *Macrosiphum rosae*.

Parâmetro	T1-EK	T2-EK+MR	T3-MR
	*Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP
r_m (dias ⁻¹)	0,148 ± 0,003 a	0,134 ± 0,004 a	0,123 ± 0,003 a
λ (dias ⁻¹)	1,16 ± 0,004 a	1,14 ± 0,004 a	1,13 ± 0,004 a
R_0 (descendentes/espécime)	548,27 ± 68,295 a	363,525 ± 54,209 a	342,71 ± 49,06 a
T (dias)	42,56 ± 0,426 a	43,84 ± 0,503 a	47,19 ± 0,587 b

3 *Médias ± EP seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Bootstrap
 4 pareado com 100.000 reamostragens ($p < 0,05$). r_m = Taxa intrínseca de crescimento; λ = Taxa finita de
 5 crescimento; R_0 = Taxa líquida de reprodução; T= Tempo médio de uma geração. EK= Ovos de *E.*
 6 *kuehniella*; EK + PC= Ovos de *E. kuehniella* no primeiro ínstar e *P. citri* nos ínstars subsequentes;
 7 PC= *P. citri* em todos os ínstars.

8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24

Artigo 3 – Sobrevivência: o dilema da relação trófica entre *Chrysoperla externa* e *Planococcus citri* associados a roseiras

Marília Mickaele Pinheiro Carvalho¹ Maísa Melo Moreira¹, Maria Eduarda Ferreira Souza¹
Marvin Mateo Pec Hernandez², Brígida Souza¹

¹ Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras-UFLA, Caixa postal 3037, CEP 37200-900, Lavras, MG, Brasil.

² Departamento de Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Caixa postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

***Autor correspondente:** Marília Mickaele Pinheiro Carvalho. Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras-UFLA, Caixa postal 3037, CEP 37200900, Lavras, MG, Brasil, Campus Universitário, e-mail: marilia.mickaele@gmail.com

Artigo elaborado conforme as normas do periódico Acta Scientiarum. Agronomy, para o qual será submetido após a tradução.

1 RESUMO

2 O uso de agentes biológicos para o controle de pragas da floricultura é uma estratégia de
3 interesse e que tem sido buscada pelos produtores, porém, são relativamente poucas as
4 informações resultantes de pesquisas que tratam dessa associação. Nesse contexto,
5 *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) se insere como um predador
6 promissor para a redução populacional da cochonilha *Planococcus citri* (Risso, 1813)
7 (Hemiptera: Pseudococcidae) em ornamentais. Com este trabalho objetivamos determinar o
8 consumo de ninfas de *P. citri* e a proporção predador:presa requerida para uma elevada
9 eficácia predatória e sobrevivência das larvas de *C. externa* sob diferentes densidades da
10 presa, criadas em roseiras cv. Avalanche. O consumo foi avaliado para larvas de primeiro,
11 segundo e terceiro ínstares de *C. externa*. A eficiência predatória e sobrevivência do predador
12 foram obtidas para larvas no segundo ínstar, sob as densidades de 20, 40, 80, 120 e 160 ninfas
13 de *P. citri* e proporções predador-presa 1:5, 1:10 e 1:20. As avaliações foram realizadas após
14 24 e 48 horas de exposição entre as espécies. Verificou-se um consumo crescente ao longo do
15 desenvolvimento larval de *C. externa*. As proporções predador-presa 1:5 e 1:10 foram as mais
16 eficientes para a redução populacional de *P. citri*, porém, a proporção 1:5 proporcionou
17 menor sobrevivência das larvas do crisopídeo em relação às proporções 1:10 e 1:20. Houve
18 correlação positiva entre a densidade de larvas de *C. externa* e o canibalismo ($\rho = 0,45$), e
19 correlação negativa entre a densidade do predador e a densidade populacional de *P. citri* ($\rho =$
20 $-0,81$). Concluiu-se que as larvas de terceiro ínstar consomem maior quantidade de ninfas de
21 *P. citri* e que aquelas de segundo ínstar, quando na proporção 1:10, foram eficientes na
22 redução populacional de *P. citri*, e apresentaram elevada e moderada sobrevivência após 24 e
23 48 horas de interação entre as espécies, respectivamente.

24

25 **PALAVRAS-CHAVE:** Controle biológico; Relação predador-presa; Consumo de presas;
26 Crisopídeo; Cochonilha; Pragas de roseira.

27

28

29

30

31

32

33

1 INTRODUÇÃO

2
3 A sanidade dos cultivos de roseiras é fundamental para se alcançar produtos de
4 qualidade, entretanto, diversos agentes entomopatogênicos ameaçam esse empreendimento.
5 Entre os organismos fitófagos associados ao cultivo de rosas encontra-se a cochonilha
6 *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae), que pode ocasionar danos consideráveis.
7 Esses insetos sugam a seiva e sobre suas excretas desenvolvem fungos negros (Mani &
8 Shivaraju, 2016), que impedem a fotossíntese e reduzem o valor comercial das flores.

9 Uma das táticas cada vez mais bem aceitas pelos produtores para a redução
10 populacional de pragas da floricultura é o controle biológico (Carvalho, Souza, & Sousa,
11 2019). Entre os possíveis bioagentes para uso contra *P. citri* se destaca *Chrysoperla externa*
12 (Neuroptera: Chrysopidae), uma espécie Neotropical naturalmente encontrada em diversos
13 agroecossistemas (Carvalho & Souza, 2009; Cortez-Mondaca et al., 2016; Lara et al., 2020;
14 Romero et al., 2019). Esse predador é conhecido pela sua voracidade contra uma grande
15 diversidade de pragas, entre as quais ressaltam-se os pulgões, moscas-brancas, tripses,
16 psílídeos, ácaros e cochonilhas (Castro, Martínez, & Dotor, 2016; Cuello et al., 2019;
17 Gamboa, Souza, & Morales, 2016; Luna-Espino, Jiménez-Pérez, & Castrejón-Gómez, 2020;
18 Morando et al., 2014; Pedro-Neto et al., 2008).

19 Relatos na literatura científica registram o consumo de *P. citri* por larvas de *C. externa*
20 (e.g. Carvalho et al., 2008) e, em alguns casos, as consequências negativas da presa sobre
21 parâmetros biológicos do predador (Bonani et al., 2009; Pedro Neto et al., 2008). Muitas
22 substâncias sequestradas das plantas por organismos fitófagos são utilizadas como defesa
23 química contra seus inimigos naturais e podem prejudicar seu desenvolvimento e
24 sobrevivência (Jessie et al., 2015). Silva et al. (2004), por exemplo, verificaram que o
25 consumo por larvas de *C. externa* variou conforme o hospedeiro da presa ingerida.

26 A eficiência predatória e sobrevivência de uma espécie dependem de diversos fatores.
27 Para *C. externa*, entre as causas das divergências verificadas nessas variáveis ecológicas,
28 destacam-se a densidade populacional da presa, a proporção predador-presa e o tempo de
29 exposição entre eles (Barbosa et al., 2008; Gamboa, Souza, & Morales, 2016). Assim, devem-
30 se analisar estratégias que visem maximizar a eficiência do controle biológico de *P. citri*.
31 Tendo em vista a escassez dessas informações e a importância do manejo populacional dessa
32 cochonilha, neste trabalho objetivou-se avaliar o consumo de ninfas de *P. citri* por larvas de
33 *C. externa*, e a proporção predador-presa requerida para que se obtenha elevada eficácia
34 predatória e sobrevivência das larvas do predador, sob diferentes densidades da presa.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção dos insetos

As criações de *C. externa* e de *P. citri*, assim como os bioensaios realizados, foram mantidas em sala climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas, conforme metodologia descrita por Carvalho e Souza (2009) e Lepage (1942). Devido ao elevado número de espécimes de *P. citri* necessários para os bioensaios, utilizaram-se abóboras (*Cucurbita maxima* L.) cultivar Cabotchá como substrato para criação da cochonilha. Dessa criação foram retiradas fêmeas adultas contendo o ovissaco para infestação de roseiras (*Rosa* spp. cv. Avalanche - coloração branca) cultivadas em casa-de-vegetação. Espécimes provenientes dessas roseiras foram coletados para uso nos experimentos.

Visando a padronização do estágio de desenvolvimento da cochonilha, ninfas de primeiro ínstar foram transferidas para placas de Petri (15 cm) contendo folíolos de roseira dispostos sobre uma camada de ágar-água (1%), conforme metodologia adotada por Garzón et al. (2015). Os bioensaios foram conduzidos em recipientes plásticos (5 cm de diâmetro por 4,5 cm de altura), com fundo revestido por papel filtro visando servir como substrato para limpeza das peças bucais e como local de refúgio para as larvas do crisopídeo. Os recipientes plásticos foram vedados com tampa plástica vazada, e a abertura foi revestida por tecido “voile”.

Consumo de ninfas de *Planococcus citri* por larvas de *Chrysoperla externa*

O consumo por larvas de primeiro, segundo e terceiro ínstar de *C. externa* foi avaliado utilizando-se ninfas de segundo ínstar de *P. citri*. Para avaliação do consumo no segundo e terceiro ínstar do predador, as larvas foram previamente alimentadas (*ad libitum*) com ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) até atingir o ínstar a ser estudado.

Os insetos foram confinados nos recipientes plásticos e, diariamente, todas as cochonilhas não consumidas eram substituídas por outras no mesmo estágio, para garantir o consumo de presas do mesmo ínstar. Ao longo de toda a fase larval de *C. externa* procedeu-se à contagem diária das cochonilhas mortas que apresentavam aspecto retorcido ou desidratado, característico da ação predatória, obtendo-se, portanto, o total de ninfas consumidas por ínstar.

1
2 **Eficiência predatória e sobrevivência de larvas de *Chrysoperla externa* em função da**
3 **proporção predador-presa e densidade de ninfas de *Planococcus citri***

4
5 Utilizaram-se larvas de *C. externa* no segundo instar em decorrência dos resultados
6 positivos obtidos a partir do fornecimento de ovos de *E. kuehniella* para o primeiro instar e
7 ninfas de *P. citri* para os dois últimos ínstars, em relação às demais combinações estudadas
8 (manuscrito a ser submetido à publicação).

9 Adicionaram-se aos recipientes plásticos 20, 40, 80, 120 ou 160 ninfas de segundo
10 instar de *P. citri* e, em seguida, liberadas as larvas de *C. externa* nas proporções predador:
11 presa de 1:5, 1:10 e 1:20, conforme as densidades iniciais de cochonilhas. Assim, nas
12 respectivas proporções foram liberadas 4, 8, 16, 24 e 32; 2, 4, 8, 12 e 16 e 1, 2, 4, 6 e 8 larvas,
13 respectivamente. Após 24 e 48 horas da liberação das larvas, contabilizaram-se as cochonilhas
14 mortas com sinais de predação (aspectos retorcidos e desidratados) e o número de larvas de *C.*
15 *externa* sobreviventes. Contabilizaram-se, também, as larvas mortas por canibalismo,
16 caracterizadas por ferimentos (sinais de predação) no corpo do predador. O número inicial de
17 ninfas não foi repostas, mas, as sobreviventes foram substituídas por outras jovens, no mesmo
18 estágio de desenvolvimento, visando manter a avaliação com ninfas do mesmo instar. A
19 proporção de ninfas da cochonilha consumidas (PNCC) foi determinada pela seguinte fórmula
20 adaptada de abbot (1925): $PNCC = CP/DCFI$, onde: CP = cochonilhas predadas; DCFI =
21 densidade de cochonilhas fornecidas inicialmente.

22
23 **Análise de dados**

24 Como os dados não atenderam aos pressupostos da análise de variância (ANOVA),
25 normalidade dos resíduos e homocedasticidade da variância, através dos testes de Shapiro-
26 Wilk e Bartlett, respectivamente, foram analisados por outros testes. Os dados de consumo
27 foram analisados pelo teste não paramétrico Kruskal-Wallis e as médias confrontadas pelo
28 teste de multicomparação de Dunn ($p < 0,05$), com 20 repetições por tratamento. Para avaliar o
29 efeito das densidades de *P. citri* e proporções de *C. externa* sobre a eficiência predatória e
30 sobrevivência do predador, foi utilizado o Modelo Linear Generalizado (GLM) com
31 distribuição quasibinomial, link cloglog e teste F, com 15 repetições por tratamento. Nos
32 casos de significância ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste Tukey. Todas as
33 análises foram feitas por meio do software R 3.6 (R Core Team, 2019), utilizando-se os
34 pacotes lme4 (Bates et al., 2015), emmeans (Lenth et al., 2021) e hnp (Moral, Hinde, &

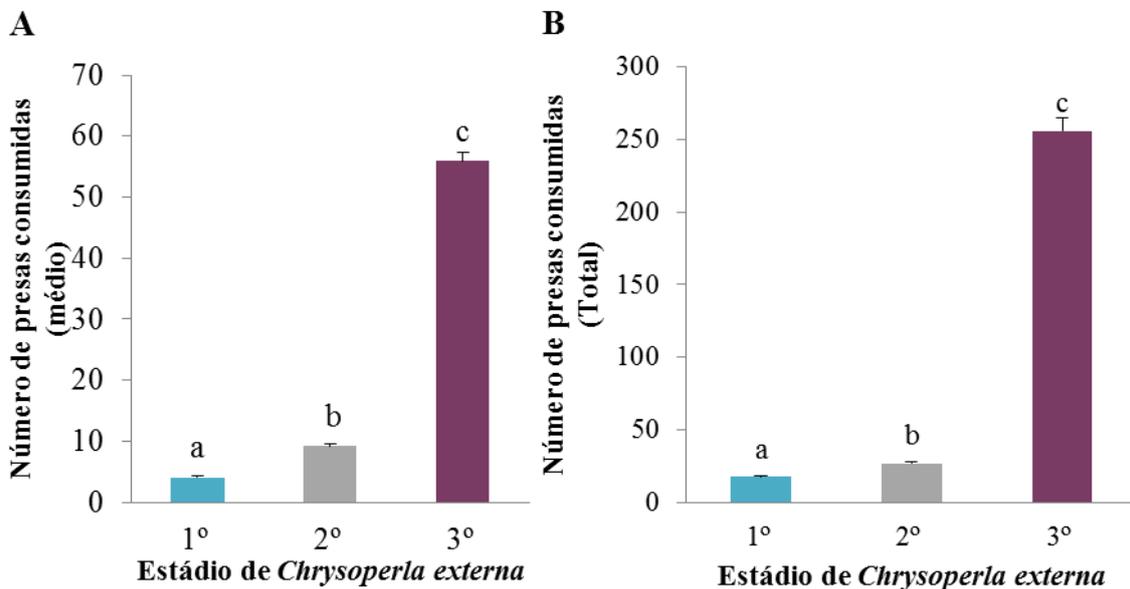
1 Demétrio, 2017). Utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman (ρ) para identificar a
 2 relação entre as densidades de larvas e o canibalismo, e entre as densidades de larvas e ninfas
 3 de *P. citri*.

4

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6

7 O consumo de ninfas de *P. citri* por larvas de *C. externa* foi crescente ao longo do
 8 desenvolvimento do predador (primeiro ao terceiro ínstar). Constataram-se diferenças
 9 significativas no número médio ($K= 47,75$; $df= 2$; $p<0,001$) e total ($K= 44,84$; $df= 2$; $p<0,001$)
 10 de cochonilhas predadas em função dos ínstars do crisopídeo (Figura 1).



11

12

13 **Figura 1.** Número médio (A) e total (B) de ninfas de segundo ínstar de *Planococcus citri*
 14 consumidas por larvas de primeiro, segundo e terceiro ínstar de *Chrysoperla externa* (Média \pm
 15 EP). Letras distintas nas colunas indicam diferença significativa pelo teste de
 16 multicomparação de Dunn ($p<0,05$).

17

18 Larvas de primeiro, segundo e terceiro ínstars de *C. externa* consumiram em média
 19 4,11; 9,20 e 55,98 ninfas por dia, e 17,4; 26,65 e 255,8 espécimes ao longo de cada ínstar,
 20 respectivamente. O consumo de ninfas de *P. citri* por larvas de terceiro ínstar representou
 21 81% do total constatado para toda a fase larval do predador. Esse resultado reitera a maior
 22 voracidade desse ínstar em relação aos demais, como geralmente relatado na literatura
 23 científica para larvas desse crisopídeo (Cuello et al., 2019; Fonseca et al., 2015) ou para

1 outras espécies dessa família (Elango & Sridharan, 2017; Farhan et al., 2019; Moreira et al.,
2 2019; Rahman, Handique, & Roy, 2017).

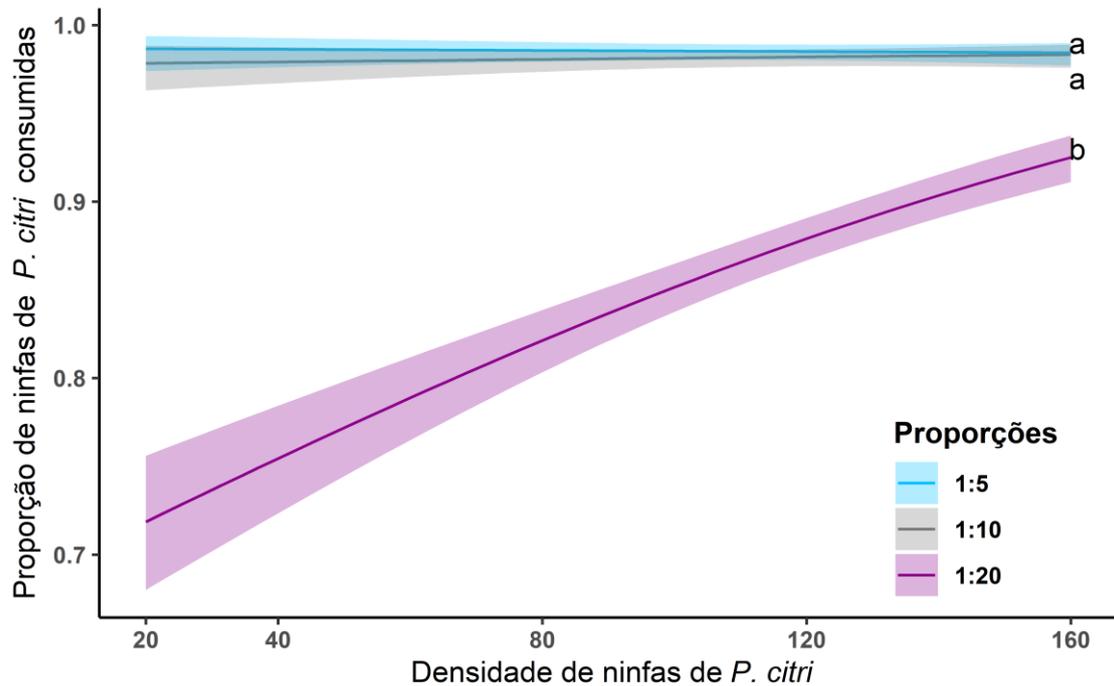
3 Informações similares foram obtidas por Bezerra (2014), quanto ao consumo por
4 larvas de *C. externa* supridas com espécimes de *P. citri* criadas em batatas (*Solanum*
5 *tuberosum* L.) cv. Monalisa sprouts. Entretanto, o autor observou um consumo maior de
6 cochonilhas por larvas de primeiro e segundo ínstaes (7,9 e 15,2 ninfas, respectivamente), em
7 relação ao constatado no nosso estudo. Como a planta hospedeira do inseto fitófago
8 geralmente afeta, de diversas formas, o terceiro nível trófico (Prince, 1980), a diferença no
9 número de ninfas consumidas pode estar relacionada à espécie utilizada na criação da
10 cochonilha que, no nosso estudo, foram roseiras cv. Avalanche.

11 Uma das maiores dificuldades identificadas na predação de pseudococcídeos por
12 larvas de crisopídeos refere-se aos exsudados pegajosos provenientes de liberações
13 glandulares, os quais se aderem às peças bucais das larvas no momento da captura da presa.
14 Essa estratégia de defesa apresentada pelos pseudococcídeos dificulta a apreensão de outras
15 presas levando, em grande parte das vezes, o predador à morte (Santa-Cecília et al., 2007).

16 Observou-se que as larvas de primeiro ínstar de *C. externa* são as mais vulneráveis à
17 impregnação das suas peças bucais por esses exsudados. Com base nas observações deste
18 trabalho, o menor tamanho e maior fragilidade do aparato bucal foram os fatores que
19 resultaram na mortalidade de 25% delas. Assim, as larvas de segundo e terceiro ínstaes,
20 devido ao maior tamanho e peças bucais mais resistentes, têm maiores chances de
21 sobreviverem. Sob esse aspecto deve-se considerar que, em ambientes naturais, as larvas
22 encontram diversos tipos de substratos (partes da planta hospedeira, por exemplo) que podem
23 ser utilizados como apoio para a limpeza do aparelho bucal. Nessas situações, esses
24 exsudados muito provavelmente não representem um fator de mortalidade tão importante para
25 as larvas que se alimentam em colônias de pseudococcídeos.

26 Observou-se que as larvas de terceiro instar requerem um tempo relativamente curto
27 para o consumo de cada uma das presas, o que implica em maior número de presas
28 consumidas nesse estágio (Figura 1) e, conseqüentemente, o atendimento das necessidades de
29 consumo antes de empuparem, observações que reiteram os relatos de Sarwar (2014). As
30 larvas de segundo ínstar também possuem elevada eficiência predatória sobre ninfas de
31 segundo ínstar da cochonilha e, nesse sentido, consideramos a possibilidade de uso de larvas
32 desse instar como agentes de redução populacional de *P. citri*. Contudo, essa eficiência é
33 dependente da densidade de presas ofertadas inicialmente ($F= 39,100$; $d.f= 4$; $p<0,001$), da

1 proporção entre número de larvas e número de ninfas ($F= 344,793$; $d.f= 2$; $p<0,001$) e da
 2 interação entre esses fatores ($F= 13,014$; $d.f= 8$; $p<0,001$) (Figura 2).



3
 4 **Figura 2.** Proporção de ninfas de segundo ínstar de *Planococcus citri* consumidas por larvas
 5 de segundo ínstar de *Chrysoperla externa* em função da densidade de ninfas da cochonilha e
 6 proporção predador: presa. Letras distintas na extremidade das curvas indicam diferenças
 7 significativas pelo teste de multicomparação de Tukey ($p<0,05$).

8

9 As proporções 1:5 e 1:10 acarretaram uma redução significativa no número de
 10 cochonilhas (mínimo 97%), independentemente da densidade de presas e predadores
 11 fornecidos inicialmente, e ambas diferiram estatisticamente da proporção 1:20. Geralmente,
 12 proporções predador:presa mais elevadas, nas quais a diferença entre o número de predadores
 13 e o número de presas é menor, são mais eficientes no controle da praga (Alghamdi, Al-Otaibi,
 14 & Sayed, 2018; Figueira & Lara, 2004; Li et al., 2020). A maior voracidade dos predadores
 15 quando em densidades mais elevadas é atribuída ao efeito competitivo e à maior oportunidade
 16 de encontro entre eles, os quais estimulam a busca pelo alimento e, em consequência, a maior
 17 eficiência do controle (Cheng et al., 2012; Souza et al., 2019). Essas considerações explicam a
 18 correlação negativa significativa entre as densidades de larvas e as densidades populacionais
 19 de *P. citri* ($\rho = -0,81$; $p< 0,001$).

20

21 A eficiência predatória observada na proporção 1:20, ainda que estatisticamente

menor, é considerada elevada, uma vez que os valores oscilaram entre 71,8% e 95,8%,

1 constatando-se que o incremento na predação foi diretamente proporcional ao aumento da
2 oferta de cochonilhas (densidades de 20 a 160 ninfas). Gamboa, Souza e Morales (2016)
3 obtiveram resultado similar utilizando a proporção 1:10 em estudo envolvendo larvas de *C.*
4 *externa* e o pulgão *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878) (Hemiptera: Aphididae). De
5 qualquer forma, independentemente das densidades de presas ou proporções predador:presa
6 estudadas, após 48 horas de interação entre os insetos dos dois níveis tróficos, observou-se
7 mortalidade de 100% das ninfas de *P. citri*.

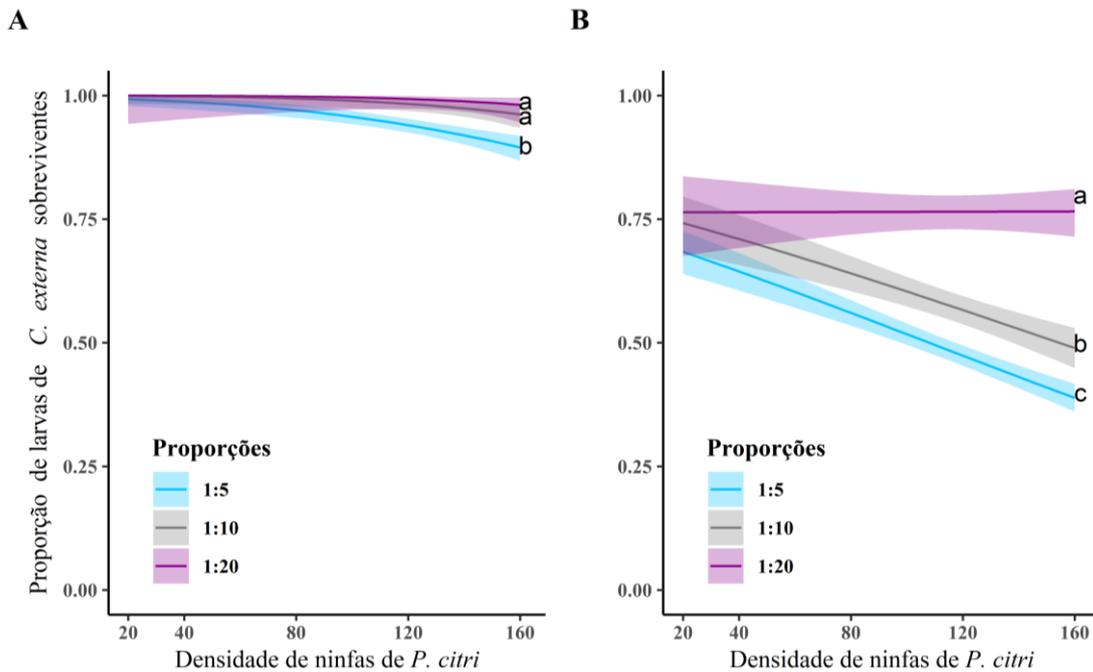
8 A principal forma de localização da presa pelos crisopídeos é por meio do contato
9 físico (Canard & Duelli, 1984) e, conforme Cheng et al. (2012), larvas desses neurópteros
10 podem ter um forrageamento mais eficiente sobre presas com distribuição gregária. Nossos
11 resultados evidenciam que, na proporção 1:20, com maior número de presas disponíveis, as
12 larvas de *C. externa* não requerem tanto tempo na atividade de busca, acessando seus recursos
13 alimentares mais rapidamente.

14 Deve-se atentar quanto ao fato de que, em se tratando de controle biológico aplicado,
15 qualquer que seja o tipo de intervenção, seja por meio da modificação do sistema agrícola ou
16 por meio da liberação de grandes quantidades do agente de mortalidade, a medida deve ser
17 tomado ainda no início da infestação pelo organismo fitófago alvo do controle. Easterbrook,
18 Fitzgerald e Solomon (2007) relataram que, sob altas densidades da praga, o controle com
19 crisopídeos pode falhar.

20 Ao selecionar a proporção predador:presa a ser utilizada em uma liberação deve-se
21 considerar o custo/benefício do inimigo natural, além da eficiência de controle, uma vez que a
22 liberação de larvas em maior número refletirá em custos adicionais ao produtor. Nesse
23 sentido, a proporção 1:10 demandaria uma menor quantidade de crisopídeos do que a
24 proporção 1:5, sabendo-se que ambas forneceram uma eficiência predatória semelhante. Mas,
25 seja em campo ou em casa de vegetação, a eficiência predatória pode variar em decorrência
26 de uma série de fatores, tais como predação intraguilda e canibalismo; presença, quantidade,
27 qualidade, tipo e idade da presa; efeitos de fatores abióticos (temperatura, entre outros)
28 (Cheng et al., 2012; Marcossi et al., 2020; Rodrigues-Silva et al., 2017; Ye & Li, 2020; Zarei
29 et al., 2020). Ainda assim, acredita-se que a densidade de larvas seja o principal fator
30 responsável por afetar a eficiência predatória de *C. externa*.

31 Quanto aos resultados da análise de sobrevivência de *C. externa*, verificou-se que a
32 proporção de larvas sobreviventes foi dependente da proporção predador:presa ($F= 19,430$;
33 $d.f= 2$; $p<0,001$) e da densidade inicial de cochonilhas ofertadas ($F= 10,739$; $d.f= 4$; $p<0,001$).

1 Não foi constatada interação entre esses fatores ($F= 0,169$; $d.f= 8$; $p= 0,995$) após 24 horas da
 2 liberação das larvas (Figura 3A).



3
 4 **Figura 3.** Proporção de larvas de segundo ínstar de *Chrysoperla externa* sobreviventes em
 5 função da densidade de ninfas de segundo ínstar de *Planococcus citri* fornecidas como presa e
 6 da proporção predador: presa, após 24 (A) e 48 horas (B) de interação entre as espécies.
 7 Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste multicomparação de Tukey
 8 ($p<0,05$).
 9

10 A sobrevivência das larvas de *C. externa* foi elevada em todas as proporções predador:
 11 presa e densidades de cochonilhas estudadas. Após 24 horas do início da interação entre as
 12 espécies, observou-se uma redução gradativa na sobrevivência do predador quando na
 13 proporção 1:5, verificando-se uma mortalidade significativa na densidade de 160 ninfas de *P.*
 14 *citri* (Figura 3A). Essa densidade proporcionou a sobrevivência de 89% das larvas, ao passo
 15 que nas proporções 1:10 e 1:20 a sobrevivência foi de 96,2% e 100%, não diferindo
 16 estatisticamente entre si.

17 Verificou-se que a mortalidade larval foi decorrente, unicamente, do comportamento
 18 canibal da espécie, e que a sobrevivência foi inversamente proporcional ao aumento da
 19 densidade de predadores. Constatou-se uma correlação positiva entre a densidade de larvas e
 20 o canibalismo após 24 ($\rho=0,475$; $p<0,05$) e 48 horas ($\rho=0,66$; $p<0,01$) de interação entre as
 21 espécies. Em contraste aos nossos resultados, Barbosa et al. (2008) verificaram que as
 22 proporções 1:5, 1:10 e 1:20 não interferiram na taxa de canibalismo obtida para larvas de *C.*

1 *externa* alimentadas com *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) em plantas
2 de pimentão. Deve-se ressaltar que o confinamento das larvas, por si só, gera maior
3 probabilidade de encontros entre elas, em relação àquelas que têm oportunidades de se
4 deslocarem e/ou se abrigarem em nichos disponibilizados num ambiente aberto (Duelli et al.,
5 1981). Como discutido anteriormente, densidades mais elevadas proporcionam maior
6 probabilidade de encontro entre elas e, da mesma forma, menor disponibilidade de alimento, o
7 que se traduz em maior competição e aumento do canibalismo (Bayoumy & Michaud, 2015;
8 Chathuranga, Karunaratne, & de Silva, 2020; Lima, 2016).

9 Após 48 horas da liberação das larvas de *C. externa* junto às ninfas de *P. citri*,
10 observaram-se diferenças significativas no porcentual de larvas sobreviventes em função da
11 densidade de *P. citri* ($F= 34,219$; $d.f= 4$; $p< 0,001$), da proporção predador:presa ($F= 97,325$;
12 $d.f= 2$; $p<0,001$), bem como da interação entre esses fatores ($F= 7,288$; $d.f= 8$; $p<0,001$)
13 (Figura 3B). A sobrevivência larval nas proporções 1:5 e 1:10 variou de 38,83% a 70,83% e
14 de 50,00% a 80,00%, respectivamente, conforme as densidades de *P. citri*. Nessas proporções
15 (1:5 e 1:10), a sobrevivência das ninfas da cochonilha também foi muito baixa.

16 A escassez de presas foi determinante para a intensificação do canibalismo,
17 característico das larvas do crisopídeo, sendo o principal responsável pela redução da
18 sobrevivência do predador. Esse comportamento assume importância quando os recursos
19 alimentares se tornam escassos no ambiente agrícola, uma vez que tais recursos são
20 responsáveis por manter os predadores na área (El-Wakeil & Gaafar, 2020). Sem alimento em
21 quantidades suficientes, muitos deles abandonam a área cultivada ou acabam morrendo (Chen
22 et al., 2014; Shrewsbury, Smith-Fiola, & Deborah, 2000). Nesse sentido, visando manter ou
23 atrair crisopídeos para os sistemas de cultivo e aumentar sua sobrevivência e reprodução,
24 pode-se fazer uso da suplementação alimentar (Messelink et al., 2016; Resende et al., 2017).

25 Diferentemente das demais, na proporção 1:20 houve disponibilidade de presas no
26 intervalo entre 24 e 48 horas em número suficiente para garantir a sobrevivência das larvas do
27 crisopídeo (variação entre 65,55% e 100%) e prevenir a mortalidade decorrente do
28 canibalismo. No entanto, a taxa de liberação de 1:10 é a mais adequada para o controle de
29 ninfas de *P. citri* por acarretar elevada eficiência de predação e mediana sobrevivência de *C.*
30 *externa*. São escassos os estudos que visam compreender a interação desse predador com a
31 cochonilha *P. citri* a fim de determinar a capacidade de consumo, a eficiência predatória e a
32 sobrevivência das larvas frente a diferentes densidades da presa e do predador. Tais
33 informações são valiosas para o estabelecimento de um programa de controle biológico tendo
34 *C. externa* como bioagente. As densidades toleráveis de *P. citri* e seu nível de controle em

1 roseiras ainda não foram estudados, o que dificulta a implementação desse método com o uso
2 desse predador. O presente estudo evidenciou o potencial de *C. externa* para o controle de
3 populações de *P. citri*. A integração desses resultados com outros a serem obtidos futuramente
4 auxiliará para a efetivação do uso desse crisopídeo no Manejo Integrado de Pragas (MIP) de
5 roseiras.

6

7 **CONCLUSÃO**

8

9 Larvas de terceiro ínstar de *C. externa* consomem maior quantidade de ninfas de
10 segundo ínstar de *P. citri*, em relação aos demais estádios. Larvas de segundo ínstar desse
11 crisopídeo liberadas na proporção 1:10 são eficientes na redução populacional da cochonilha,
12 e apresentaram elevada e moderada sobrevivência após 24 e 48 horas de interação entre as
13 espécies, respectivamente. A mortalidade total das ninfas da cochonilha ocorre após 48 horas
14 da liberação dos insetos, independentemente da proporção predador-presa e da densidade de
15 *P. citri* testada.

16

17 **REFERÊNCIAS**

18

19 Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of*
20 *Economic Entomology*, 18, 265-267.

21

22 Alghamdi, A., Al-Otaibi, S., & Sayed, S. M. (2018). Field evaluation of indigenous
23 predacious insect, *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae), fitness in
24 controlling aphids and whiteflies in two vegetable crops. *Egyptian Journal of Biological Pest*
25 *Control*, 28 (1), 1-8. DOI: 10.1186/s41938-018-0026-3

26

27 Barbosa, L. R., Carvalho, C. F. D., Souza, B., & Auad, A. M. (2008). Eficiência de
28 *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) no controle de *Myzus persicae*
29 (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) em pimentão (*Capsicum annum* L.). *Ciência e*
30 *Agrotecnologia*, 32 (4), 1113-1119. DOI: 10.1590/S1413-70542008000400012

31

32 Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects
33 Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67 (1), 1-48. DOI: 10.18637/jss.v067.i01

34

35 Bayoumy, M. H., & Michaud, J. P. (2015). Cannibalism in two subtropical lady beetles
36 (Coleoptera: Coccinellidae) as a function of density, life stage, and food supply. *Journal of*
37 *Insect Behavior*, 28 (4), 387-402. DOI: 10.1007/s10905-015-9510-8

38

39 Bezerra, G. C. D. (2014). Aspectos biológicos e capacidade predatória de *Chrysoperla*
40 *externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Planococcus citri* (Risso,

- 1 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae). 2014. 78p. Tese (Doutorado em Agronomia
2 /Entomologia) - Universidade Federal de Lavras.
3
- 4 Bonani, J. P., Souza, B., Santa-Cecília, L. V. C., & Correa, L. R. B. (2009). Aspectos
5 biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com
6 *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) e *Toxoptera citricida*
7 (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae). *Ciência e Agrotecnologia*, 33 (1), 31-38. DOI:
8 10.1590/S1413-70542009000100004
9
- 10 Canard, M., & Duelli, P. (1984). Predatory behavior of larvae and cannibalism. In M. Canard,
11 Y. Sémeria, T. R. New (Eds.). *Biology of Chrysopidae* (p. 92-100). The Hague, Junk.
12
- 13 Carvalho, C. F., & Souza, B. (2009). Métodos de criação e produção de crisopídeos. In V. H.
14 P. BUENO (Ed.). *Controle Biológico de Pragas: produção massal e controle de qualidade* (p.
15 77-115). Lavras, MG: Editora UFLA.
16
- 17 Carvalho, L. M., Souza, B., Sousa, A. L. V. (2019). Ornamental Plants. In B. Souza, L. L.
18 Vázquez, R. C. Marucci (Eds.). (2019). *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical*
19 *Agroecosystems* (p. 355-368). Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-030-
20 24733-1
21
- 22 Castro, M. A., Martínez, J. W., & Dotor, M. Y. (2016). Evaluación del efecto regulador de
23 *Chrysoperla externa* sobre mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* en tomate. *Revista de*
24 *Ciencias Agrícolas*, 33 (2), 43-54. DOI: 10.22267/rcia.163302.51
25
- 26 Chathuranga, W. G. D., Karunaratne, S. H. P. P., de Silva, W. A P. P. (2020). Predator-prey
27 interactions and the cannibalism of larvae of *Armigeres subalbatus* (Diptera:
28 Culicidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology* 23 (1), 124-131. DOI:
29 10.1016/j.aspen.2019.11.010
30
- 31 Chen, C.C., Cheng, L. L., Dong, Y. J., Lu, C. T., Wu, W. J., & Yaninek, J. S. (2014). Using
32 the green lacewing *Mallada basalis* (Walker) (Neuroptera: Chrysopidae) to control
33 *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae) on papaya in a greenhouse. *台灣農業*
34 *研究*, 63 (2), 91-104. DOI: 10.6156/JTAR/2014.06302.01
35
- 36 Cheng, L. L., Nechols, J. R., Margolies, D. C., Campbell, J. F., Yang, P. S., Chen, C. C., &
37 Lu, C. T. (2012). Efficacy of the predator *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae) on
38 *Tetranychus kanzawai* and *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) at different predator: prey
39 release ratios. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 15 (1), 142-146. DOI:
40 10.1016/j.aspen.2011.09.008
41
- 42 Cortez-Mondaca, E., López-Buitimea, M., López-Arroyo, J. I., Orduño-Cota, F. J., & Herrera-
43 Rodríguez, G. (2016). Especies de Chrysopidae asociadas al pulgón del sorgo1 en el norte de
44 Sinaloa, México. *Southwestern Entomologist*, 41 (2), 541-545. DOI: 10.3958/059.041.0222
45
- 46 Cuello, E. M., Andorno, A. V., Hernandez, C. M., & Lopez, S. N. et al. (2019). Prey
47 consumption and development of the indigenous lacewing *Chrysoperla externa* feeding on
48 two exotic Eucalyptus pests. *Biocontrol Science and Technology*, 29 (12), 1159-1171. DOI:
49 10.1080/09583157.2019.1660958

- 1 Duelli, P. (1981). Is larval cannibalism in lacewings adaptive. *Researches in Population*
2 *Ecology*, 23, 193-209. DOI: 10.1007/BF02515626
3
- 4 Easterbrook, M. A., Fitzgerald, J. D., & Solomon, M. G. (2007). Suppression of aphids on
5 strawberry by augmentative releases of larvae of the lacewing *Chrysoperla carnea*
6 (Stephens). *Biocontrol Science and Technology*, 16 (9), 893-900. DOI:
7 10.1080/09583150600827850
8
- 9 Elango, K., & Sridharan, S. (2017). Predatory potential of green lacewing, *Chrysoperla*
10 *zastrowi sillemi* (Esben-Petersen) (Neuroptera Chrysopidae) on pomegranate aphid *Aphis*
11 *punicae* Passerini (Homoptera, Aphididae). *Journal of Biological Control*, 31, 246-248. DOI:
12 10.18311/jbc/2017/16287
13
- 14 El-Wakeil, N., & Gaafar, N. (2020). Predacious insects and their efficiency in suppressing
15 insect pests. In N. El-Wakeil, M. Saleh, M. Abu-Hashim (Eds.). *Cottage Industry of*
16 *Biocontrol Agents and Their Applications: Practical Aspects to Deal Biologically with Pests*
17 *and Stresses Facing Strategic Crops* (p. 133-155). Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-
18 33161-0_4
19
- 20 Farhan, M., Murtaza, G., Ramzan, M., Sabir, M. W., Rafique, M. A., & Ullah, S. (2019).
21 Feeding potential of *Chrysoperla carnea* on *Myzus persicae* (Sulzer) under laboratory
22 conditions. *Journal of Innovative Sciences*, 5 (2), 95-99. DOI:
23 10.17582/journal.jis/2019/5.2.95.99
24
- 25 Figueira, L. K., & Lara, F. M. (2004). Relação predador: presa de *Chrysoperla externa*
26 (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) para o controle do pulgão-verde em genótipos de sorgo.
27 *Neotropical Entomology*, 33 (4), 447-450. DOI: 10.1590/S1519-566X2004000400008
28
- 29 Fonseca, A. R., Carvalho, C. F., Cruz, I., Souza, B., & Ecole, C. C. (2015). Development and
30 predatory capacity of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae at different
31 temperatures. *Revista Colombiana de Entomología*, 41 (1), 4-11.
32
- 33 Gamboa, S., Souza, B., & Morales, R. (2016). Predatory activity of *Chrysoperla externa*
34 (Neuroptera: Chrysopidae) on *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) in Rosa sp.
35 crop. *Revista Colombiana de Entomología*, 42 (1), 54-58. DOI: 10.25100/socolen.v42i1.6670
36
- 37 Garzón, A., Freire, B. C., Carvalho, G. A., Oliveira, R. L., Medina, P., & Budia, F. (2015).
38 Development and reproduction of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae)
39 fed on *Myzus persicae* (Sulzer)(Hemiptera: Aphididae) vectoring Potato leafroll virus
40 (PLRV). *Neotropical entomology*, 44(6), 604-609. DOI: 10.1007/s13744-015-0329-y
41
- 42 Jessie, W. P., Giles, K. L., Rebek, E. J., Payton, M. E., Jessie, C. N., & McCornack, B. P.
43 (2015). Preference and performance of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae)
44 and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis*
45 *erysimi*, and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) from winter-adapted canola.
46 *Environmental Entomology*, 44 (3), 880-889. DOI: 10.1093/ee/nvv068
47
- 48 Lara, R. I. R., Fernandes, D. R., Sosa-Duque, F. J., Antunes, N. T., de Freitas, S., & Perioto,
49 N. W. (2020). Temporal variation of brown and green lacewings (Neuroptera: Hemerobiidae)

- 1 and Chrysopidae) collected with McPhail traps from a fruit orchard in Southeast
2 Brazil. *Entomological Communications*, 2, 2675-1305. DOI: 10.37486/2675-1305.ec02005
3
- 4 Lepage, H. S. (1942). Abóboras, cobaias para o estudo das pragas dos vegetais. *O Biológico*,
5 8 (9), 221-224.
6
- 7 Lenth, R., Buerkner, P., Herve, M., Love, J., Riebl, H., & Singmann, H. (2021). Emmeans:
8 Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. *The American Statistician*, 34(4), 216-
9 221. DOI: 10.1080/00031305.1980.10483031
10
- 11 Li, X. Y., Qi, P. Y., Zhang, Q. P., Zhang, R. F., Chen, Z., Jin, L. H., & Song, B. A. (2020).
12 Introduction of two predators to control *Dendrothrips minowai* (Thysanoptera: Thripidae) in
13 tea (*Camellia sinensis*) plantations in China. *Biocontrol Science and Technology*, 30 (5), 431-
14 441. DOI: 10.1080/09583157.2020.1729699
15
- 16 Lima, T. N. (2016). Cannibalism among *Myrmeleon brasiliensis* larvae (Návas, 1914)
17 (Neuroptera, Myrmeleontidae). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 38 (4), 447-450. DOI:
18 10.4025/actascibiols.v38i4.32822
19
- 20 Luna-Espino, H. M., Jiménez-Pérez, A., & Castrejón-Gómez, V. R. (2020). Assessment of
21 *Chrysoperla comanche* (Banks) and *Chrysoperla externa* (Hagen) as biological control agents
22 of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) on tomato (*Solanum*
23 *lycopersicum*) under glasshouse conditions. *Insects*, 11 (2), 87. DOI:
24 10.3390/insects11020087
25
- 26 Mani, M., & Shivaraju, C. (2016). *Mealybugs and their management in agricultural and*
27 *horticultural crops*. New Delhi, India. DOI: 10.1007/978-81-322-2677-2
28
- 29 Marcossi, Í., Fonseca, M. M., Carbajal, P. A., Cardoso, A., Pallini, A., & Janssen, A. (2020).
30 High-quality alternative food reduces cannibalism in the predatory mite *Amblyseius*
31 *herbicolus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 81, 189-200. DOI:
32 10.1007/s10493-020-00500-7
33
- 34 Messelink, G. J., Vijverberg, R., Leman, A., & Janssen, A. (2016). Biological control of
35 mealybugs with lacewing larvae is affected by the presence and type of supplemental
36 prey. *BioControl*, 61 (5), 555-565. DOI: 10.1007/s10526-016-9739-y
37
- 38 Moral, R. A., Hinde, J., & Demétrio, C. G. B. (2017). Half-Normal Plots and Overdispersed
39 Models in R: The hnp Package. *Journal of Statistical Software*, 81 (10). DOI:
40 10.18637/jss.v081.i10
41
- 42 Morando, R., Toscano, L. C., Martins, G. L. M., Eduardo, W. I., Maruyama, W. I., & Santos,
43 L. S. (2014). Predação e desenvolvimento de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861)
44 (Neuroptera, Chrysopidae) alimentado com ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836)
45 (Acari: Tetranychidae) oriundos de feijoeiro. *Agrarian*, 7 (23), 42-48.
46
- 47 Moreira, M. D., da Silva Nunes, G., de Oliveira, R., & de Luna Batista, J. (2019). Predation of
48 *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) on *Hyadaphis foeniculi* (Passerini)
49 (Hemiptera: Aphididae). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)*, 14 (4), 1-6. DOI:
50 10.5039/agraria.v14i4a5878

- 1 Pedro Neto, M., Carvalho, C. F., Reis, P. R., Santa-Cecília, L. V. C., Souza, B., Alcantra, E.,
2 & Silva, R. A. (2008). Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen) predando
3 *Oligonychus ilicis* (McGregor) e *Planococcus citri* (Risso). *Coffee Science*, 3 (2), 85-93.
4
- 5 Price, P. W. (1980). Interactions among three trophic levels: influence of plants on
6 interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and*
7 *Systematics*, 11 (1), 41-65. DOI: 10.1146/annurev.es.11.110180.000353
8
- 9 R Core Team. (2019). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* Vienna,
10 Austria R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.r-project.org/>
11
- 12 Rahman, A., Handique, G., & Roy, S. (2017). Comparative biology, predation capacity and
13 effect of an artificial diet on reproductive parameters of green lacewing *Mallada boninensis*
14 (Neuroptera: Chrysopidae). *Agricultural and Forest Entomology*, 19 (4), 418-423. DOI:
15 10.1111/afe.12221
16
- 17 Resende, A. L. S., Souza, B., Ferreira, R. B., & Aguiar-Menezes, E. L. (2017). Flowers of
18 apiaceous species as sources of pollen for adults of *Chrysoperla externa* (Hagen)
19 (Neuroptera). *Biological Control*, 106, 40-44. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2016.12.007
20
- 21 Rodrigues-Silva, N., Campos, S. O., Farias, E. S., De Souza, T. C., Martins, J. C., & Picanço,
22 M. C. (2017). Relative importance of natural enemies and abiotic factors as sources of
23 regulation of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) in Brazilian coffee plantations. *Annals*
24 *of Applied Biology*, 171 (3), 303-315. DOI: 10.1111/aab.12373
25
- 26 Romero, D. A., Tesén, E. P., Arias, C. C., & Perales, M. E. N. (2019). Especies de
27 Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) asociados al cultivo de maíz amarillo duro en el
28 departamento de Lambayeque. *Agroindustrial Science*, 9 (2), 211-218. DOI:
29 10.17268/agroind.sci.2019.02.15
30
- 31 Santa-Cecília, L. V. C., Souza, B., Souza, J. D., Prado, E., Moino JR, A., Fornazier, M. J., &
32 Carvalho, G. A. (2007). *Cochonilhas-farinentas em cafeeiros*: bioecologia, danos e métodos
33 de controle. Belo Horizonte: EPAMIG. (Boletim Técnico, 79).
34
- 35 Sarwar, M. (2014). The propensity of different larval stages of lacewing *Chrysoperla carnea*
36 (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) to control aphid *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera:
37 Aphididae) evaluated on Canola *Brassica napus* L. *Songklanakarin Journal of Science and*
38 *Technology*, 36 (2), 143-148.
39
- 40 Silva, C. G., Auad, A. M., Souza, B., Carvalho, C. F., & Bonani, J. P. (2004). Aspectos
41 biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com
42 *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) criada em três
43 hospedeiros. *Ciência e Agrotecnologia*, 28 (2), 243-250. DOI: 10.1590/S1413-
44 70542004000200001
45
- 46 Shrewsbury, P. M., & Smith-Fiola, D. C. (2000). Evaluation of green lacewings for
47 suppressing azalea lace bug populations in nurseries. *Journal of Environmental Horticulture*,
48 18 (4), 207-211. DOI: 10.24266/0738-2898-18.4.207
49

- 1 Souza, B., Santos-Cividanes, T. M., Cividanes, F. J, Sousa, A. L. V. (2019). Predatory
2 Insects. In B. Souza, L. L. Vázquez, R. C. Marucci (Eds.). (2019). *Natural Enemies of Insect*
3 *Pests in Neotropical Agroecosystems* (p. 73-87). Springer International Publishing. DOI:
4 10.1007/978-3-030-24733-1
5
- 6 Ye, J., & Li, J. (2020). Factors affecting cannibalism by *Mallada basalis*. *Biocontrol Science*
7 *and Technology*, 30 (5), 442-450. DOI: 10.1080/09583157.2020.1729700
8
- 9 Zarei, M., Madadi, H., Zamani, A. A., & Nedvěd, O. (2020). Intraguild predation between
10 *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Hippodamia variegata* (Coleoptera:
11 Coccinellidae) at various extraguild prey densities and arena complexities. *Insects*, 11 (5),
12 288. DOI: 10.3390/insects11050288
13

Artigo 4 – Relações inter e intraespecífica envolvendo *Macrosiphum rosae* (Hemiptera: Aphididae) e *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) associados à roseira

Marília Mickaele Pinheiro Carvalho¹, Daniel Amorim Vieira², Brígida Souza¹

¹Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras-UFLA, Campus Universitário, Caixa postal 3037, CEP 37200-900, Lavras, MG, Brasil.

² Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras-UFLA, Campus Universitário, caixa postal 3037, CEP 37200-900 - Lavras, MG- Brasil.

***Autor correspondente:** Marília Mickaele Pinheiro Carvalho. Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras-UFLA, Caixa postal 3037, CEP 37200900, Lavras, MG, Brasil, Campus Universitário, e-mail: marilia.mickaele@gmail.com

Artigo elaborado de acordo com o periódico BioControl, para o qual será submetido após a tradução.

1 **Resumo**

2 O predador *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) é uma espécie polífaga que tem,
3 entre seu amplo leque de presas aceitáveis, o pulgão *Macrosiphum rosae* (Hemiptera:
4 Aphididae), uma importante praga de cultivos de roseira. Neste estudo avaliamos o consumo
5 de ninfas e adultos de *M. rosae* por larvas de *C. externa*, a eficiência predatória e a
6 sobrevivência larval frente a diferentes proporções predador: presa, densidades e idades dos
7 pulgões. Os bioensaios foram realizados a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas,
8 com pulgões provenientes de roseiras cv. Avalanche. O consumo foi avaliado utilizando-se
9 pulgões jovens (2º e 3º instares) e mais desenvolvido (4º instar e adulto) disponibilizado
10 durante toda a fase larval do predador. A eficiência predatória e a sobrevivência foram
11 estudadas para larvas de segundo ínstar alimentadas com ninfas de *M. rosae* ofertadas nas
12 densidades de 20, 40, 80, 120 e 160, utilizando-se as proporções predador-presa 1:5, 1:10 e
13 1:20. As avaliações foram efetuadas após 24, 48 e 72 horas da exposição entre as espécies.
14 Todos os instares de *C. externa* consumiram maior quantidade de pulgões jovens em relação
15 aos mais velhos. Larvas no terceiro ínstar foram responsáveis pelo consumo de 80% dos
16 pulgões jovens e 77% daqueles mais velhos. Verificou-se que, quanto maior a proporção
17 predador:presa e a densidade de larvas, mais alta foi a eficiência predatória e menor a
18 sobrevivência larval. As proporções 1:5 e 1:10 propiciaram a eliminação das populações de
19 pulgões jovens e mais velhos 72 horas após a interação entre as espécies.

20

21 **Palavras-chave** Controle biológico, Crisopídeo, Pulgão, Relação predador:presa, Rosa.

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

1 INTRODUÇÃO

2
3 O pulgão *Macrosiphum rosae* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Aphididae) encontra-se
4 disperso por todos os continentes, exceto a Antártica, e ataca, principalmente, as roseiras
5 (CABI 2021). Esses insetos causam encarquilhamento, queda das folhas, anomalias dos
6 botões florais e raquitismo das plantas. Sobre suas excretas aderem sujeiras e desenvolvem
7 fungos negros (fumagina) que recobrem partes da planta impedindo a fotossíntese, além de
8 reduzir o valor comercial do produto comercializado (Singh e Singh 2016). Além disso, os
9 pulgões geralmente são vetores de vírus aos seus hospedeiros, podendo levar a planta à morte
10 (Chau e Heins 2004; Jevremović et al. 2016; Kirk et al. 1991).

11 Nos últimos anos, os produtores de rosas vêm adotando medidas de controle mais
12 sustentáveis visando o manejo de artrópodes praga, entre as quais ressalta-se o uso de agentes
13 entomófagos e entomopatogênicos (Souza e Marucci 2021). O predador *Chrysoperla externa*
14 (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) ocorre naturalmente em áreas cultivadas, o que
15 torna viável sua aplicação como agente de controle (Lara et al. 2020; Martins et al. 2019;
16 Rodrigues-Silva et al. 2017). As larvas desse crisopídeo possuem elevada capacidade para
17 redução populacional de diversas pragas, entre as quais citam-se pulgões, moscas-brancas,
18 tripses, psilídeos, ovos e pequenas lagartas de mariposas etc (Battel et al. 2017; Castro et al.
19 2016; Cuello et al. 2019; Fonseca et al. 2015; Luna-Espino et al. 2020).

20 Os afídeos são comumente explorados como recurso alimentar pelas larvas de *C.*
21 *externa* e vários estudos já foram realizados envolvendo diversos aspectos das interações
22 entre eles (Gamboa et al. 2016; Fonseca et al. 2015). Entre as espécies contempladas nessas
23 pesquisas, encontra-se *M. rosae*, que, inclusive, foi um dos alvos biológicos incluídos no
24 recente registro para comercialização de *C. externa* no Brasil (Brasil, 2021).

25 Ainda que as pesquisas tenham comprovado a capacidade das larvas de *C. externa*
26 para controlar populações de *M. rosae* e servido como fundamento para a elaboração da
27 Especificação de Referência da espécie, várias lacunas do conhecimento ainda devem ser
28 preenchidas. Entre elas ressaltam-se informações sobre fatores intrínsecos e extrínsecos à
29 espécie os quais podem afetar sua eficiência como agente de controle. De uma forma geral, a
30 quantidade de presas ingeridas pelos predadores pode ser medida pela capacidade de consumo
31 e eficiência predatória, as quais dependem de vários quesitos, tais como densidade e
32 adequabilidade da presa, capacidade de busca e manuseio do predador, arquitetura e
33 morfologia de estruturas da planta, preferência alimentar, entre outros (Souza et al. 2019). O
34 tamanho, tanto da presa quanto do predador, tempo de exposição entre as espécies e

1 proporções predador:presa são critérios que também podem influenciar na quantidade de
2 presas ingeridas (Barbosa et al. 2008; Elango e Sridharan 2017; Gamboa et al. 2016; Moreira
3 et al. 2019; Pacheco-Rueda et al. 2015).

4 Com base nos resultados de estudos que realizamos preliminarmente (dados não
5 publicados), hipotetizamos que as densidades da presa *M. rosae* e do predador *C. externa*,
6 assim como o estágio de desenvolvimento (tamanho) da presa, interferem na capacidade de
7 consumo, atividade predatória e sobrevivência do crisopídeo. Essas hipóteses foram testadas
8 visando o emprego de larvas de *C. externa* no manejo populacional de *M. rosae* em cultivos
9 de roseiras. Assim, este estudo objetivou conhecer o consumo de ninfas e adultos de *M. rosae*
10 por larvas desse crisopídeo, a eficiência predatória e a sobrevivência larval frente a diferentes
11 proporções predador: presa, densidades e idades dos pulgões.

12 13 **MATERIAL E MÉTODOS**

14 15 **Obtenção dos insetos**

16
17 Os espécimes de *C. externa* (Geração F3) foram obtidos da criação mantida no
18 Laboratório de Controle Biológico com Entomófagos (LCBE), Departamento de Entomologia
19 (DEN) da Universidade Federal de Lavras (ESAL/UFLA), conforme metodologia descrita por
20 Carvalho e Souza (2009). Os afídeos foram multiplicados em roseiras, *Rosa* spp. cv
21 Avalanche, coloração branca, pertencentes ao grupo “híbridas de chá”, cultivadas em casa de
22 vegetação do DEN/ESAL/UFLA. Os bioensaios foram conduzidos em sala climatizada a $25 \pm$
23 1°C , $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas. Visando padronizar o estágio/fase de
24 desenvolvimento dos pulgões, adultos foram transferidos das roseiras para placas de Petri (15
25 cm) contendo folíolos dispostos sobre uma camada de ágar-água (1%). O ágar foi utilizado
26 com o intuito de manter a turgescência foliar, conforme metodologia de Garzón et al. (2015).
27 A partir das ninfas produzidas nesses recipientes foram instalados os experimentos.

28 Ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) esterilizados,
29 adquiridos da empresa PROMIP- Manejo Integrado de Pragas[®], foram usados para alimentar
30 as larvas de *C. externa* antes da realização dos bioensaios. Ovos desse piralídeo têm sido
31 empregados como presa alternativa para larvas de crisopídeos de uma maneira geral, seja para
32 fins de pesquisa ou criação em larga escala, por atender aos requerimentos nutricionais desses
33 predadores (Carvalho e Souza 2009). As unidades experimentais foram constituídas por
34 recipientes plásticos (5 cm de diâmetro e 4,5 cm de altura), com fundo revestido por papel

1 filtro visando servir como local de refúgio para as larvas e como substrato para limpeza das
2 peças bucais.

3

4 **Consumo de ninfas e adultos de *Macrosiphum rosae* por larvas de *Chrysoperla externa***

5

6 O consumo por larvas de primeiro, segundo e terceiro ínstaes de *C. externa* foi
7 avaliado para dois grupos de pulgões com diferentes idades. Um grupo incluiu pulgões jovens
8 (segundo e terceiro ínstaes) e o outro foi composto por pulgões mais velhos (quarto ínstar e
9 adultos). Para avaliação do consumo no segundo e terceiro ínstaes do predador, as larvas
10 foram alimentadas com ovos de *E. kuehniella*, disponibilizados *ad libitum*, até que atingissem
11 o ínstar a ser estudado. A quantidade de pulgões ofertados às larvas foi superior à sua
12 capacidade de consumo, determinada em testes preliminares. Os insetos foram confinados nos
13 recipientes plásticos e, diariamente, todos os pulgões não consumidos foram substituídos por
14 outros da mesma idade, o que visou assegurar o estudo com indivíduos da mesma idade.
15 Procedeu-se a contagem diária dos pulgões mortos pelas larvas de cada instar de *C. externa*,
16 caracterizados pelo aspecto retorcido e desidratado decorrente da ação predatória.

17

18 **Efeito da proporção entre *Chrysoperla externa* e *Macrosiphum rosae* sobre a** 19 **predação e sobrevivência do crisopídeo**

20

21 Esse bioensaio foi realizado com larvas de segundo ínstar de *C. externa* alimentadas
22 com pulgões jovens (segundo e terceiro ínstaes) e mais velhos (quarto ínstar e adultos).
23 Adicionaram-se, separadamente, 20, 40, 80, 120 e 160 espécimes jovens e mais velhos aos
24 recipientes plásticos, de modo a caracterizar dois grupos compostos por diferentes idades.
25 Nesses recipientes foram liberadas as larvas de segundo ínstar de *C. externa* nas proporções
26 predador:presa de 1:5, 1:10 e 1:20, conforme as densidades iniciais de pulgões. Assim, para a
27 proporção 1:5 foram adicionadas 4, 8, 16, 24 e 32 larvas; para a proporção 1:10, adicionaram-
28 se 2, 4, 8, 12 e 16, e para a proporção 1:20 foram adicionadas 1, 2, 4, 6 e 8 larvas, semelhante
29 a metodologia adotada por Gamboa et al. (2016). No período anterior às liberações, as larvas
30 foram alimentadas (*ad libitum*) com ovos de *E. kuehniella*.

31

32 Após 24, 48 e 72 horas da liberação dos pulgões e das larvas do crisopídeo,
33 contabilizaram-se os espécimes mortos, vítimas da predação, os quais se caracterizam pelo
34 aspecto retorcido e desidratado. Avaliou-se, também, a sobrevivência das larvas, uma vez que
o canibalismo é um fator de mortalidade importante, especialmente em densidades mais

1 elevadas. As larvas mortas por coespecíficos não foram repostas. Os pulgões sobreviventes
2 foram substituídos por outros de mesma idade visando assegurar o estágio de
3 desenvolvimento adotado na pesquisa, porém, o número inicial de presas fornecidas não foi
4 repostas. A eficiência predatória (EP) (%) de *C. externa* em relação a *M. rosae* foi determinada
5 pela seguinte fórmula, adaptada de Abbott (1925): $EP = PP/DIP$, sendo PP = Pulgões
6 predados e DIP= densidade inicial de pulgões.

7

8 **Análise de dados**

9

10 Os dados referentes ao consumo foram transformados por uma função logarítmica
11 (log) antes de serem submetidos à ANOVA em esquema bifatorial composto por três instares
12 de *C. externa* e dois grupos de pulgões (mais jovens e mais velhos), com 20
13 repetições/tratamento. As médias foram confrontadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

14 A eficiência predatória contou com cinco densidades de pulgões, três proporções
15 predador:presa e duas populações compostas por diferentes idades, avaliadas a cada 24 horas
16 durante três dias. Utilizou-se o Modelo Linear Generalizado (GLM) em esquema bifatorial,
17 distribuição quasibinomial, link cloglog e teste F, com 15 repetições por tratamento. Os
18 mesmos testes foram empregados para análise da sobrevivência das larvas, porém, utilizou-se
19 a distribuição binomial. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Todos os
20 bioensaios foram analisados no software R 3.6 (R CORE TEAM, 2019). Utilizaram-se os
21 pacotes estatísticos emmeans (Lenth et al. 2020) e hnp (Moral et al. 2017). Utilizou-se o
22 coeficiente de correlação de Spearman (ρ) para identificar a relação entre a densidade de
23 larvas, a densidade de pulgões e o canibalismo, assim como a influência do tempo de
24 exposição entre o predador e a presa sobre a eficiência predatória e sobrevivência das larvas.

25

26 **RESULTADOS**

27

28 **Consumo de ninfas e adultos de *Macrosiphum rosae* por larvas de *Chrysoperla externa***

29

30 Todas as larvas de *C. externa* consumiram ninfas nos diferentes instares e adultos de
31 *M. rosae* (Figura 1). O número de pulgões jovens predados em cada instar do crisopídeo foi
32 significativamente maior do que aquele verificado para pulgões mais velhos ($F = 1246,999$;
33 $d.f = 1$; $p < 0,001$). O consumo aumentou significativamente com o desenvolvimento das larvas
34 do crisopídeo (do primeiro ao terceiro instar) ($F = 2479,545$; $d.f = 2$; $p < 0,001$). Houve

1 interação entre o consumo de pulgões nos diferentes estádios/fase e os estádios de
2 desenvolvimento de *C. externa* ($F= 5,927$; $d.f= 2$; $p< 0,01$) (Fig. 1).

3 Larvas de primeiro, segundo e terceiro ínstaes de *C. externa* apresentaram um
4 consumo médio diário de 5,38; 10,87 e 66,95 ninfas de segundo e terceiro ínstaes, e de 2,19;
5 4,18 e 21,63 ninfas de quarto ínstar e adultos de *M. rosae*, respectivamente (Fig. 1). O
6 consumo diário de ninfas jovens por larvas de primeiro e segundo ínstaes do crisopídeo foi o
7 dobro do constatado para o consumo de ninfas de quarto ínstar e adultos. Para as larvas de
8 terceiro ínstar, o consumo de espécimes jovens foi o triplo do verificado para aqueles mais
9 velhos (Fig. 1). Larvas de terceiro ínstar foram responsáveis por 80% do consumo médio
10 diário de pulgões jovens e por 77% do consumo de pulgões mais velhos.

11

12 **Efeito da proporção entre *Chrysoperla externa* e *Macrosiphum rosae* sobre a** 13 **predação e sobrevivência do crisopídeo**

14

15 A eficiência predatória e a sobrevivência larval de *C. externa* variaram
16 estatisticamente em função da densidade inicial de pulgões ofertados, proporções
17 predador:presa, idade dos pulgões e da interação entre os três fatores, após 24, 48 e 72 horas
18 do início do teste (Tabela 1).

19 A maior eficiência predatória foi obtida na proporção 1:5, para larvas alimentadas com
20 pulgões jovens, após 24 horas do ajuntamento das espécies, independentemente da densidade
21 inicial de presas fornecidas (Fig. 2a e Tabela S1). Em contraste, nas proporções 1:10 e 1:20 as
22 médias obtidas para o consumo foram mais baixas e aumentaram conforme o aumento (20 a
23 160) do número de pulgões ofertados, independentemente se jovens ou mais velhos. Houve
24 maior predação de pulgões jovens em relação aos mais velhos para todas as proporções
25 estudadas (Fig. 2a).

26 A proporção 1:5 resultou na redução de 99% do número de pulgões jovens e, para os
27 pulgões mais velhos, houve uma variação entre 74,7 e 99% (Fig. 2a). Após 48 horas, o
28 consumo de todos os pulgões disponibilizados, independentemente da densidade (Tabela S1 e
29 S2), foi alcançado nas proporções 1:5 e 1:10 para os pulgões jovens, e na proporção 1:5 para
30 os pulgões mais velhos, estatisticamente iguais entre si (Fig. 2c). Após 72 horas, constatou-se
31 a predação total dos pulgões jovens disponíveis na proporção 1:20, igualando-se a todas as
32 proporções e densidades de *M. rosae* testadas (Fig. 2e e Tabela S1). Resultados
33 estatisticamente semelhantes foram obtidos para ninfas de quarto ínstar e adultos de *M. rosae*
34 nas proporções 1:5 e 1:10 (Fig. 2e e Tabela S2). A proporção 1:20 foi a única que possibilitou

1 a sobrevivência de pulgões mais velhos, demandando 24 horas adicionais para que todas as
2 presas fossem consumidas. Houve uma correlação negativa significativa entre as densidades
3 de larvas e o número de pulgões sobreviventes ($\rho = -0,51$; $p = 0,001$) e uma correlação positiva
4 entre o tempo de exposição e a eficiência predatória ($\rho = 0,55$; $p = 0,001$).

5 A sobrevivência das larvas nas proporções 1:10 e 1:20, alimentadas com pulgões
6 jovens ou mais velhos, após 24 horas da exposição entre as espécies, foi superior a 95%,
7 independentemente das densidades de *M. rosae*. Na proporção 1:5 a sobrevivência foi
8 significativamente menor (Fig. 2b e Tabela S3 e S4). Após 48 horas, a sobrevivência larval
9 foi ainda menor na proporção 1:5, quando supridas com pulgões jovens, diferindo
10 estatisticamente das demais proporções testadas (1:10 e 1:20) (Fig. 2d e Tabela S3). A
11 sobrevivência das larvas alimentadas com pulgões jovens na proporção 1:10 e daquelas
12 alimentadas com pulgões mais velhos na proporção 1:5 foi estatisticamente igual (Fig. 2d).
13 Larvas alimentadas com pulgões mais velhos nas proporções 1:10 e 1:20, e em menores
14 densidades de pulgões (20, 40 e 80), tiveram maior sobrevivência (Fig. 2d e Tabela S4).

15 Após 72 horas da exposição da presa ao predador, verificou-se, para todas as
16 proporções estudadas, uma redução na sobrevivência das larvas com o aumento da densidade
17 de pulgões ofertados (Fig. 2f e Tabela S3 e S4). A maior mortalidade foi verificada na
18 proporção 1:5 e, majoritariamente, nas densidades de 120 e 160 pulgões jovens. A maior
19 sobrevivência constatada para larvas alimentadas com ninfas e adultos do afídeo foi verificada
20 na proporção 1:20. Houve uma correlação negativa significativa entre o tempo de exposição
21 dos pulgões e a sobrevivência das larvas do predador ($\rho = -0,66$; $p = 0,001$), e verificou-se
22 uma correlação positiva significativa entre densidades de larvas e o canibalismo ($\rho = 0,59$; $p =$
23 0,001).

24 **DISCUSSÃO**

25 Todos os ínstares de *C. externa* consumiram maior quantidade de pulgões jovens
26 (segundo e terceiro ínstares) em relação aos mais velhos (quarto ínstar e adulto), sendo o
27 terceiro estágio larval o mais voraz. Esses resultados reiteram aqueles obtidos em outros
28 trabalhos conduzidos com esse mesmo predador (Cuello et al. 2019; Fonseca et al. 2015). O
29 menor consumo de ninfas no quarto ínstar e adultos de *M. rosae* está relacionado ao maior
30 volume corpóreo da presa nesse estágio/fase de desenvolvimento, sendo requerido uma menor
31 quantidade de presas para atingirem a saciedade. Trabalhando com essas mesmas espécies de
32 predador e presa, Tamashiro (2016) também constatou resultados similares, verificando
33 menor consumo de ninfas de terceiro ínstar de *M. rosae* em relação àquelas de primeiro ínstar,
34

1 por larvas de segundo ínstar de *C. externa*. Adultos de *M. rosae* podem medir até 4 mm de
2 comprimento (Alford 2012), quase o dobro do tamanho de adultos de outros afídeos
3 (Hemiptera: Aphididae), como *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (1,9 a 2,3 mm) e *Cinara*
4 *atlantica* (Wilson, 1919) (1,7 a 2,6 mm), por exemplo (Penteado et al. 2016; Tiwari e Singh
5 2018). Portanto, o maior consumo de espécimes desses afídeos pelas larvas de *C. externa*
6 (Barbosa et al. 2006; Cardoso e Lazzari 2003) pode estar relacionado à diferença de tamanho
7 intrínseco às espécies.

8 Além do tamanho, o menor consumo de ninfas de quarto ínstar e adultos de *M. rosae*,
9 verificado neste trabalho, pode ser decorrente do comportamento desses afídeos realizarem
10 movimentos bruscos com as pernas (semelhantes a chutes), os quais foram observados
11 dificultar a apreensão e alimentação pelas larvas do crisopídeo. Essa estratégia de defesa de
12 *M. rosae* foi responsável por ocasionar mortalidade de larvas de primeiro ínstar (20%), seja
13 por fome ou por ferimentos provocados pelo afídeo. Por outro lado, registrou-se a
14 sobrevivência de todas as larvas de primeiro ínstar supridas com pulgões jovens. De acordo
15 com Canard e Duelli (1984), espécimes menores de uma espécie de presa podem ser mais
16 fáceis de serem capturados pelos crisopídeos em relação àqueles de maior tamanho, os quais
17 geralmente têm maior habilidade para escapar de seus inimigos naturais. Respostas defensivas
18 como chutes, agilidade de fuga, deixarem-se cair da planta, secretarem substâncias pelo
19 sifúnculo (Fan et al. 2017; Francesena et al. 2020; Gish 2021), entre outras, são habilidades
20 que podem assegurar a sobrevivência da presa e que, segundo Dixon (1958), dependem do
21 estágio e fases de desenvolvimento dos organismos envolvidos.

22 Com relação às proporções predador:presa e densidades de pulgões testadas, nossos
23 resultados mostraram que todas as combinações promoveram a mortalidade total dos pulgões
24 jovens e mais velhos em até 96 horas, porém, na proporção 1:5 o controle foi alcançado em
25 um menor período de tempo. Resultados similares foram obtidos por Mathew et al. (1999)
26 que consideraram essa proporção ideal por proporcionar maior eficiência predatória às larvas
27 de segundo ínstar de *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (Neuroptera: Chrysopidae) contra
28 o pulgão *Pentalonia nigronervosa* (Coquerel, 1859) (Hemiptera: Aphididae); ainda que tenha
29 sido a proporção causadora da maior mortalidade larval. No nosso trabalho, também
30 verificamos que a eficiência predatória do segundo ínstar de *C. externa* associado a *M. rosae*,
31 quer sejam espécimes jovens ou mais velhos, é diretamente proporcional ao aumento da
32 densidade de predadores, mas, por outro lado, densidades mais elevadas incrementam a
33 mortalidade larval. Esses resultados indicam uma relação negativa entre o fator proporção
34 predador-presa e a variável sobrevivência larval, mas uma relação positiva entre esse fator

1 (proporção predador-presa) e a eficiência predatória. Em geral, proporções predador:presa
2 elevadas são mais eficientes no controle de pragas (Figueira e Lara 2004; Rahman et al. 2011;
3 Opit et al. 2004; Saleh et al. 2017; Zaki et al. 1999) devido à maior probabilidade de encontro
4 entre as espécies, bem como ao efeito competitivo entre os coespecíficos pelo alimento
5 disponível (Souza et al. 2019).

6 Entre os estudos que avaliaram a eficiência predatória e sobrevivência larval de *C.*
7 *externa* associadas a artrópodes-praga (Barbosa et al. 2008; Figueira e Lara 2004; Gamboa et
8 al. 2016, por exemplo), não constatamos nenhum abordando o efeito da idade da presa. No
9 nosso trabalho, verificamos elevada eficiência predatória de larvas de segundo ínstar de *C.*
10 *externa* associadas a *M. rosae*, independentemente da idade do afídeo. A proporção
11 predador:presa 1:5, até 48 horas após exposição entre as espécies, foi a mais eficiente, porém,
12 resultou em menor sobrevivência larval. A proporção 1:10 promoveu uma eficiência
13 predatória e sobrevivência larval moderadas, com redução total dos pulgões em até 72 horas.
14 Com a proporção 1:20 obteve-se a menor eficiência predatória, mas a maior sobrevivência
15 larval, com predação total dos pulgões em até 96 horas. O maior número de larvas
16 sobreviventes, constatado na proporção 1:20, foi decorrente da maior disponibilidade de
17 presas para o predador, reiterando os relatos de Canard e Duelli (1984) que afirmaram que o
18 canibalismo entre larvas saciadas é esporádico.

19 Verificamos que o canibalismo foi a única causa de mortalidade das larvas de segundo
20 ínstar de *C. externa*. A sobrevivência larval foi diminuindo ao longo do período de avaliação,
21 principalmente nas maiores proporções predador-presa, em decorrência do maior número de
22 larvas em relação ao número de presas disponíveis, o que intensificou o canibalismo. Deve-se
23 considerar, porém, que larvas em regime de confinamento têm maior probabilidade de se
24 encontrarem, uma vez que não há possibilidade de fuga. Em cultivos de roseiras, assim como
25 em outros cultivos, seja em campo ou ambiente protegido, larvas de *C. externa* geralmente
26 encontram outros tipos de presa que se associam à cultura (Carvalho et al. 2012; Gamboa et
27 al. 2016). Contudo, Chen et al. (2014) verificaram que, mesmo em cultivo protegido, onde se
28 tem maior possibilidade de dispersão, a densidade de larvas de *Mallada basalis* (Walker,
29 1853) (Neuroptera: Chrysopidae) diminuiu gradativamente ao longo do tempo devido ao
30 canibalismo e predação intraguilda, sendo observada a predação de ovos e larvas do
31 crisopídeo por formigas. Contudo, nesse sentido, resultados de diversas pesquisas permitiram
32 concluir que a atividade predatória dos crisopídeos também é afetada pela ocorrência de
33 outros inimigos naturais, além do tipo de cultura e temperatura (Adly 2016; Alghamdi et al.
34 2018; Auad et al. 2014; Fonseca et al. 2015; Hagler et al. 2020).

1 Com base nessas discussões, os resultados deste estudo revelam que a proporção
 2 predador:presa 1:10 foi a mais adequada para o controle de *M. rosae* por garantir o consumo
 3 de todos os espécimes de pulgões jovens e mais velhos, e por proporcionar um equilíbrio
 4 entre a eficiência predatória e a sobrevivência das larvas de *C. externa*. Também revelam a
 5 relação inversa entre a capacidade de consumo e o tamanho da presa, uma vez que um maior
 6 número de pulgões mais jovens foi consumido em relação àqueles de maior tamanho.

7 Dessa forma, larvas de *C. externa* podem auxiliar na redução populacional de *M. rosae*
 8 e minimizar os danos causados por esse pulgão às roseiras, tendo em vista que a qualidade
 9 estética do produto é uma premissa para sua comercialização. Outros estudos serão
 10 conduzidos em condições mais próximas da realidade do produtor, seja em casa-de-vegetação
 11 ou em campo, a fim de conhecer o momento e frequência de liberação de *C. externa* contra *M.*
 12 *rosae* a partir da proporção mais adequada conforme nosso estudo.

14 REFERÊNCIAS

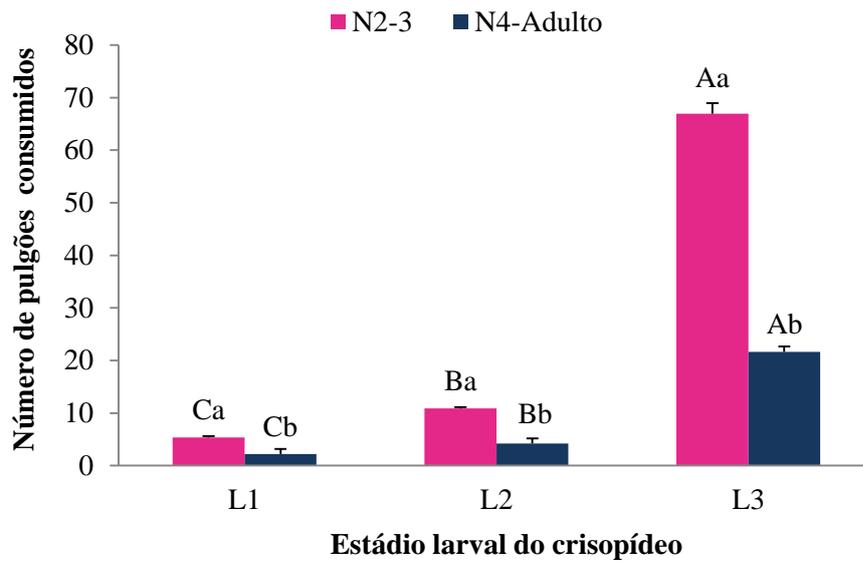
- 15
- 16 Abbott WS (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of
 17 Economic Entomology 18: 265-267
- 18
- 19 Adly D (2016) Use of Predators for Controlling the Whitefly, *Bemisia tabaci* Genn. and the
 20 Two Spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch., in Cucumber Greenhouses in
 21 Egypt. Egyptian Journal of Biological Pest Control 26: 701-706
- 22
- 23 Alford DV (2012) Pests of ornamental trees, shrubs and flowers: a color handbook. London
- 24
- 25 Alghamdi A, Al-Otaibi S, Sayed SM (2018) Field evaluation of indigenous predacious insect,
 26 *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae), fitness in controlling aphids
 27 and whiteflies in two vegetable crops. Egyptian Journal of Biological Pest Control 28:
 28 1-8. <https://doi.org/10.1186/s41938-018-0026-3>
- 29
- 30 Auad AM, Santos JC, Fonseca MG (2014) Effects of temperature on development and
 31 survival of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla externa*
 32 (Neuroptera: Chrysopidae) fed on *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae).
 33 Florida Entomologist 97: 1353-1363. <https://doi.org/10.1653/024.097.0409>
- 34
- 35 Barbosa LR, Carvalho CF, Souza B, Auad AM et al (2006) Influência da densidade de *Myzus*
 36 *persicae* (Sulzer) sobre alguns aspectos biológicos e capacidade predatória de
 37 *Chrysoperla externa* (Hagen). Acta Scientiarum. Agronomy 28: 227-231.
 38 <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v28i2.1076>
- 39
- 40 Barbosa LR, Carvalho CFD, Souza B, Auad AM et al (2008) Eficiência de *Chrysoperla*
 41 *externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) no controle de *Myzus persicae*
 42 (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) em pimentão (*Capsicum annum* L.). Ciência e
 43 Agrotecnologia 32: 1113-1119. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000400012>

- 1 Battel APMB, Moral RDA, Rodrigues CA et al (2017) Reproductive potential of *Chrysoperla*
2 *externa* maintained in different cage sizes in laboratory conditions. *Ciência Rural* 47:
3 e20160381. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160381>
4
- 5 Brasil (2021) Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Instrução normativa
6 conjunta DAS/SDC nº2, de 12 de julho de 2013 e portaria nº 363 de 14 de julho de
7 2021. [https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-363-de-14-de-julho-de-2021-](https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-363-de-14-de-julho-de-2021-333280433)
8 [333280433](https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-363-de-14-de-julho-de-2021-333280433). Acessado em 04 de agosto de 2021.
9
- 10 CABI. Invasive Species Compendium. Detailed coverage of invasive species threatening
11 livelihoods and the environment worldwide. *Macrosiphum rosae* (Linnaeus, 1758).
12 CABI international: Wallingford, UK. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/32155>.
13 Accessed on 03 May 2021
14
- 15 Canard M, Duelli P (1984) Predatory behavior of larvae and cannibalism. In: Canard M,
16 Sémeria Y, New TR (Eds.). *Biology of Chrysopidae*. The Hague, pp 92-100.
17
- 18 Cardoso JT, Lazzari S (2003) Development and consumption capacity of *Chrysoperla externa*
19 (Hagen) (Neuroptera, Chrysopidae) fed with *Cinara* spp. (Hemiptera, Aphididae)
20 under three temperatures. *Revista Brasileira de Zoologia* 20: 573-576.
21 <https://doi.org/10.1590/S0101-81752003000400002>
22
- 23 Carvalho CF, Souza B (2009) Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: BUENO
24 VHP (ed) *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*, 2ª
25 ed. Lavras: Editora UFLA, pp 77-115
26
- 27 Carvalho LM et al (2012) Principais pragas em cultivo de roseira: reconhecimento e controle.
28 Circular Técnica, Belo Horizonte: EPAMIG
29
- 30 Castro MA, Martínez JW, Dotor MY (2016) Evaluación del efecto regulador de *Chrysoperla*
31 *externa* sobre mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* en tomate. *Revista de*
32 *Ciencias Agrícolas* 33: 43-54. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.51>
33
- 34 Chau A, Heinz KM (2004) Biological control of aphids on ornamental crops. In: Heinz KM,
35 van Driesche RG, Parrella MP (Eds) *Biocontrol in Protected Culture*. Ball Publishing,
36 Batavia, IL, pp 277– 295
37
- 38 Chen CC, Cheng LL, Dong YJ et al (2014) Using the green lacewing *Mallada basalis*
39 (Walker) (Neuroptera: Chrysopidae) to control *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari:
40 Tetranychidae) on papaya in a greenhouse. **台灣農業研究** 63: 91-104.
41 <https://doi.org/10.6156/JTAR/2014.06302.01>
42
- 43 Cheng LL, Nechols JR, Margolies DC et al (2012) Efficacy of the predator *Mallada basalis*
44 (Neuroptera: Chrysopidae) on *Tetranychus kanzawai* and *Panonychus citri* (Acari:
45 Tetranychidae) at different predator: prey release ratios. *Journal of Asia-Pacific*
46 *Entomology* 15: 142-146. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2011.09.008>
47
- 48 Cuello EM, Andorno AV, Hernandez CM, Lopez SN (2019) Prey consumption and
49 development of the indigenous lacewing *Chrysoperla externa* feeding on two exotic

- 1 Eucalyptus pests. *Biocontrol Science and Technology* 29: 1159-1171.
2 <https://doi.org/10.1080/09583157.2019.1660958>
3
- 4 Dixon AFG (1958) The escape responses shown by certain aphids to the presence of the
5 coccinellid *Adalia decempunctata* (L.). *Transactions of the Royal Entomological*
6 *Society of London* 110: 319-334. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1958.tb00786.x>
7
- 8 Elango K, Sridharan S (2017) Predatory potential of green lacewing, *Chrysoperla zastrowi*
9 *sillemi* (Esben-Petersen) (Neuroptera Chrysopidae) on pomegranate aphid *Aphis*
10 *punicae* Passerini (Homoptera, Aphididae). *Journal of Biological Control* 31: 246-248.
11 <https://doi.org/10.18311/jbc/2017/16287>
12
- 13 Fan LP, Ouyang F, Su JW, Ge F (2017) Adaptation of defensive strategies by the pea aphid
14 mediates predation risk from the predatory lady beetle. *Journal of Chemical Ecology*
15 44: 40-50. <https://doi.org/10.1007/s10886-017-0908-y>
16
- 17 Figueira LK, Lara FM (2004) Relação predador: presa de *Chrysoperla externa* (Hagen)
18 (Neuroptera: Chrysopidae) para o controle do pulgão-verde em genótipos de sorgo.
19 *Neotropical Entomology* 33: 447-450. [https://doi.org/10.1590/S1519-](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000400008)
20 [566X2004000400008](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000400008)
21
- 22 Fonseca AR, Carvalho CF, Cruz I et al (2015) Development and predatory capacity of
23 *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae at different temperatures.
24 *Revista Colombiana de Entomología* 41: 4-11
25
- 26 Francesena N, Arneodo JD, Rocca M, Greco NM et al (2020) Exploring the factors involved
27 in the absence of parasitism of *Chaetosiphon fragaefolii* by generalist parasitoids in
28 strawberry. *BioControl* 65: 681-692. <https://doi.org/10.1007/s10526-020-10044-9>
29
- 30 Gamboa S, Souza B, Morales R (2016) Predatory activity of *Chrysoperla externa*
31 (Neuroptera: Chrysopidae) on *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) in
32 *Rosa* sp. crop. *Revista Colombiana de Entomología* 42: 54-58.
33 <https://doi.org/10.25100/socolen.v42i1.6670>
34
- 35 Garzón, A, Freire, BC, Carvalho, GA, Oliveira, RL et al (2015). Development and
36 reproduction of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) fed on *Myzus*
37 *persicae* (Sulzer)(Hemiptera: Aphididae) vectoring Potato leafroll virus (PLRV).
38 *Neotropical entomology*, 44(6), 604-609
39
- 40 Gish M (2021) Aphids detect approaching predators using plant-borne vibrations and visual
41 cues. *Journal of Pest Science* 94: 1209–1219. [https://doi.org/10.1007/s10340-020-](https://doi.org/10.1007/s10340-020-01323-6)
42 [01323-6](https://doi.org/10.1007/s10340-020-01323-6)
43
- 44 Hagler JR, Casey MT, Machtley S (2020) A procedure for pinpointing cannibalism, intraguild
45 predation, and life stage-specific feeding events. *BioControl* 65: 297-304.
46 <https://doi.org/10.1007/s10526-020-10005-2>
47
- 48 Jevremović D, Paunović SA, Petrović-Obradović O (2016) Flight dynamics and species
49 composition of aphids landing on plum and apricot leaves in the orchards in Western
50 Serbia. *Phytoparasitica* 44: 501-511. <https://doi.org/10.1007/s12600-016-0544-z>

- 1 Kirk M, Temple SR, Summers CG, Wilson LT (1991) Transmission efficiencies of field-
2 collected aphid (Homoptera: Aphididae) vectors of Beet yellows virus. Journal of
3 economic entomology 84: 638-643. <https://doi.org/10.1093/jee/84.2.638>
4
- 5 Lara RIR, Fernandes DR, Sosa-Duque FJ et al (2020) Temporal variation of Brown and
6 Green Lacewings (Neuroptera: Hemerobiidae and Chrysopidae) collected with
7 McPhail traps from a fruit orchard in Southeast Brazil. Entomological
8 Communications 2: 2675-1305. <https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec02005>
9
- 10 Lenth R, Buerkner P, Herve M et al (2020) Emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-
11 Squares Means. R Package Version 1.4. 8
12
- 13 Luna-Espino HM, Jiménez-Pérez A, Castrejón-Gómez VR (2020) Assessment of *Chrysoperla*
14 *comanche* (Banks) and *Chrysoperla externa* (Hagen) as biological control agents of
15 *Frankliniella occidentalis* Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) on tomato (*Solanum*
16 *lycopersicum*) under glasshouse conditions. Insects 11: 87.
17 <https://doi.org/10.3390/insects11020087>
18
- 19 Martins CC, Santos RS, Sutil WP, Oliveira JFAD (2019) Diversity and abundance of green
20 lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) in a Conilon coffee plantation in Acre, Brazil.
21 Acta Amazonica 49: 173-178. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201804470>
22
- 23 Mathew MJ, Venugopal MN, Saju KA (1999) Predatory potential of green lacewing on
24 cardamom aphid. Insect Environment 4: 152-153
25
- 26 Moral RA, Hinde J, Demétrio CGB (2017) Half-Normal Plots and Overdispersed Models in
27 R: The hnp Package. Journal of Statistical Software 81: 1-23.
28 <https://doi.org/10.18637/jss.v081.i10>
29
- 30 Moreira MD, Nunes GS, de Oliveira R, Batista, JL (2019) Predation of *Ceraeochrysa cubana*
31 (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) on *Hyadaphis foeniculi* (Passerini) (Hemiptera:
32 Aphididae). Revista Brasileira de Ciências Agrárias 14: 1-6.
33 <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i4a5878>
34
- 35 Opit GP, Nechols JR, Margolies DC (2004) Biological control of twospotted spider mites,
36 *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), using *Phytoseiulus persimilis*
37 Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on ivy geranium: assessment of predator release
38 ratios. Biological control 29: 445-452.
39 <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2003.08.007>
40
- 41 Pacheco-Rueda I, Lomeli-Flores JR, López-Arroyo JI et al (2015) Preferencia de tamaño de
42 presa en seis especies de Chrysopidae (Neuroptera) sobre *Diaphorina citri*
43 (Hemiptera: Liviidae). Revista Colombiana de Entomología 41: 187-193
44
- 45 Penteadó SRC, Lazzari SMN, de Oliveira EB, de Carvalho RCZ (2016) Parâmetros
46 morfométricos e biológicos de populações monoclonais e multiclonais do pulgão-
47 gigante-do-pinus. Pesquisa Florestal Brasileira 36: 465-474.
48 <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.88.1110>
49

- 1 R Core Team (2019) R: A Language and Environment for Statistical Computing Vienna,
2 Austria R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>. Acessado
3 em 15 de junho de 2021
4
- 5 Rahman VJ, Babu A, Roobakkumar A et al (2011) Efficacy, prey stage preference and
6 optimum predator-prey ratio of the predatory mite, *Neoseiulus longispinosus* Evans
7 (Acari: Phytoseiidae) to control the red spider mite, *Oligonychus coffeae* Nietner
8 (Acari: Tetranychidae) infesting tea. Archives of Phytopathology and Plant Protection
9 45: 699-706. <https://doi.org/10.1080/03235408.2011.591203>
10
- 11 Rodrigues-Silva N, Campos SO, Farias ES et al (2017) Relative importance of natural
12 enemies and abiotic factors as sources of regulation of mealybugs (Hemiptera:
13 Pseudococcidae) in Brazilian coffee plantations. Annals of Applied Biology 171: 303-
14 315. <https://doi.org/10.1111/aab.12373>
15
- 16 Saleh AAA et al (2017) Studies on the predator *Chrysoperla carnea* (Stephens) in Egypt.
17 International Journal of Environment 6: 70-77
18
- 19 Singh R, Singh G (2016) Aphids and Their Biocontrol. In: Omkar (Ed.). Lucknow, India, pp
20 63-108
21
- 22 Souza B, Santos-Cividanes M, Cividanes FJ, Sousa ALV et al (2019) **Predatory Insects**. In:
23 Souza B, Vázquez LL, Marucci RC (Eds) Natural Enemies of Insect Pests in
24 Neotropical Agroecosystems. Switzerland, pp 73-87
25
- 26 Souza B, Marucci RC (2021) Biological control in ornamental plants: from basic to applied
27 knowledge. Ornamental Horticulture 27: 255-267. [https://doi.org/10.1590/2447-
28 536X.v27i2.2365](https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i2.2365)
29
- 30 Tamashiro LAG (2016) Interação intraguilda entre *Chrysoperla externa* (Hagen) e
31 *Hippodamia convergens* (Guérin-Meneville) e suas implicações no controle de
32 pulgões da roseira. Dissertação, Universidade Federal de Lavras
33
- 34 Tiwari AK, Singh R (2018) Effect of temperature on the morphology of green peach aphid,
35 *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae. Research Journal of Life Sciences,
36 Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences 4: 53-70.
37 <https://doi.org/10.26479/2018.0405.05>
38
- 39 Zaki FN, El-Shaarawy MF, Farag NA (1999) Release of two predators and two parasitoids to
40 control aphids and whiteflies. Anzeiger für Schädlingskunde Journal of pest science
41 72: 19-20. <https://doi.org/10.1007/BF02770616>
42
43
44
45
46
47
48



1
2

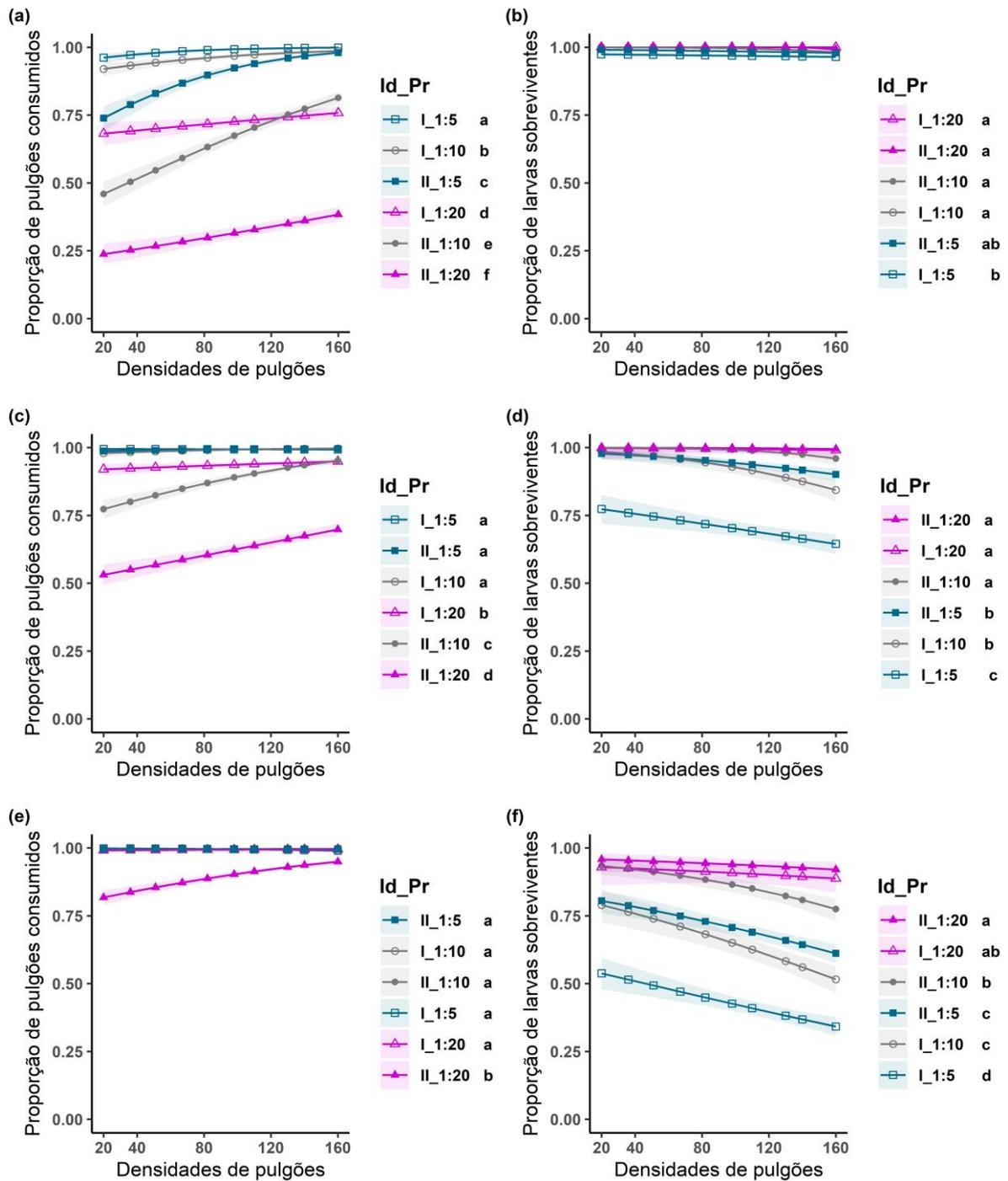
3 **Fig. 1** Número médio diário (\pm EP) de espécimes de *Macrosiphum rosae* jovens (segundo e
4 terceiro ínstaes) e mais velhos (quarto ínstar e adulto) consumidos por larvas de primeiro,
5 segundo e terceiro ínstar de *Chrysoperla externa*. Letras diferentes acima das colunas,
6 maiúsculas para os estádios larvais do crisopídeo e minúsculas para as idades do pulgão,
7 indicam diferenças significativas entre os tratamentos de acordo com o teste de
8 multicomparação de Tukey ($p < 0,05$). L1, L2 e L3= larvas de primeiro, segundo e terceiro
9 ínstaes do crisopídeo; N2-3= ninfas de segundo e terceiro ínstaes do pulgão; N4-Adulto=
10 ninfas de quarto ínstar e adulto do pulgão.

11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26

1 **Tabela 1.** A análise de variância (ANOVA) tripla da eficiência predatória acumulada (%) e
 2 sobrevivência (%) de larvas de *Chrysoperla externa* conforme o efeito das densidades (D),
 3 proporções predador:presa (Pr) e idades (Id) de *Macrosiphum rosae*, e interação entre os
 4 fatores, após 24, 48 e 72 horas da liberação das espécies.

Efeitos	Eficiência predatória acumulada (%)								
	24 horas			48 horas			72 horas		
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
D	1	289,68	<0,001	1	117,63	<0,001	1	47,92	<0,001
Pr	2	1727,96	<0,001	2	961,91	<0,001	2	240,26	<0,001
Id	1	1780,15	<0,001	1	1151,75	<0,001	1	209,07	<0,001
D*Pr	2	38,15	<0,001	2	17,76	<0,001	2	8,00	<0,001
D*Id	1	4,43	<0,03	1	1,65	0,199	1	17,94	<0,001
Pr*Id	2	12,51	<0,001	2	45,44	<0,001	2	75,29	<0,001
D*Pr*Id	2	19,87	<0,001	2	21,90	<0,001	2	2,55	0,078
Efeitos	Sobrevivência larval (%)								
	24 horas			48 horas			72 horas		
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
D	1	12,61	<0,001	1	61,96	<0,001	1	88,95	<0,001
Pr	2	29,88	<0,01	2	196,88	<0,001	2	235,06	<0,001
Id	1	9,64	<0,001	1	382,27	<0,001	1	291,30	<0,001
D*Pr	2	5,73	<0,01	2	3,54	<0,05	2	3,05	<0,048
D*Id	1	0,50	0,475	1	1,00	0,323	1	0,58	<0,444
Pr*Id	2	3,31	<0,05	2	6,76	<0,01	2	15,79	<0,001
D*Pr*Id	2	0,03	0,970	2	0,69	0,498	2	0,29	0,744

5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27



1

2

3 **Fig. 2** Eficiência predatória acumulada e sobrevivência de larvas de *Chrysoperla externa*
 4 alimentadas com pulgões em diferentes idades (Id) (I – 2º e 3º ínstaes e II – 4º instar e
 5 adultos) de *Macrosiphum rosae*, conforme as proporções: predador: presa (Pr) e densidades
 6 de pulgões, após 24 (a, b), 48 (c, d) e 72 horas (e, f) da liberação das espécies. Letras
 7 diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos de acordo com o teste
 8 multicomparação de Tukey ($p < 0,05$) (GLM, quasibinomial).

9

1 **Apêndice suplementar**

2

3 **Tabela S1.** Eficiência predatória acumulada (%) de larvas de *Chrysoperla externa*
 4 alimentadas com ninfas de segundo e terceiro ínstares de *Macrosiphum rosae* conforme as
 5 proporções predador: presa (P:P) e densidades de pulgões, após 24, 48 e 72 horas da interação
 6 entre as espécies.

Proporções (P:P)	Horas	Densidades de <i>Macrosiphum rosae</i> *				
		20	40	80	120	160
1:5	24	99,3 ± 0,6aA	99,2 ± 0,5aA	99,6 ± 0,2aA	99,3 ± 0,2aA	99,2 ± 0,2aA
1:10	24	89,7 ± 2,5cB	93,0 ± 1,4bcB	96,5 ± 0,7abB	98,1 ± 0,4abA	98,4 ± 0,3aA
1:20	24	65,3 ± 3,9bC	67,5 ± 2,7bC	70,3 ± 1,8bC	73,6 ± 1,4abB	77,3 ± 1,2aB
1:5	48	99,6 ± 0,3aA	99,5 ± 0,3aA	99,5 ± 0,2aA	99,3 ± 0,2aA	99,1 ± 0,2aA
1:10	48	99,3 ± 0,5aA	99,6 ± 0,2aA	99,6 ± 0,1aA	99,5 ± 0,1aA	99,0 ± 0,2aA
1:20	48	89,6 ± 2,0cB	88,3 ± 1,5bcB	93,1 ± 0,8bB	94,4 ± 0,6abB	95,8 ± 0,4aB
1:5	72	99,6 ± 0,3aA	99,5 ± 0,3aA	99,5 ± 0,2aA	99,3 ± 0,2aA	99,1 ± 0,2aA
1:10	72	99,3 ± 0,4aA	99,6 ± 0,2aA	99,6 ± 0,1aA	99,5 ± 0,1aA	99,1 ± 0,2aA
1:20	72	99,3 ± 0,5aA	99,5 ± 0,3aA	99,5 ± 0,2aA	99,5 ± 0,2aA	99,2 ± 0,2aA

7 *Médias ± EP acompanhadas por letras distintas maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas
 8 indicam diferença significativa pelo teste multicomparação de Tukey ($p < 0,05$). (GLM, quasibinomial).

9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24

1 **Tabela S2.** Eficiência predatória acumulada (%) de larvas de *Chrysoperla externa* alimentada
 2 com ninfas de quarto ínstar e adultos de *Macrosiphum rosae* conforme às proporções
 3 predador: presa (P:P) e densidades de pulgões após 24, 48 e 72 horas da interação entre as
 4 espécies.

Proporções (P:P)	Horas	Densidades de <i>Macrosiphum rosae</i> *				
		20	40	80	120	160
1:5	24	74,7 ± 4,2dA	73,8 ± 3,0dA	89,2 ± 1,5cA	95,3 ± 0,8bA	99,0 ± 0,3aA
1:10	24	43,7 ± 4,8cB	51,5 ± 3,4cB	65,6 ± 2,3bB	71,1 ± 1,8bB	81,5 ± 1,3aB
1:20	24	24,0 ± 4,1aC	27,8 ± 3,0aC	31,7 ± 2,2aC	34,0 ± 1,8aC	36,6 ± 1,6aC
1:5	48	99,0 ± 0,9aA	98,0 ± 0,9aA	99,3 ± 0,3aA	99,5 ± 0,2aA	99,6 ± 0,2aA
1:10	48	72,0 ± 4,2cB	75,8 ± 2,8cB	87,0 ± 1,5bB	92,1 ± 1,0bB	96,2 ± 0,6aB
1:20	48	55,0 ± 4,6aC	60,8 ± 3,2aC	63,5 ± 2,2aC	64,2 ± 1,8aC	67,5 ± 1,5aC
1:5	72	99,6 ± 0,4aA	99,6 ± 0,3aA	99,8 ± 0,1aA	99,6 ± 0,2aA	99,5 ± 0,2aA
1:10	72	99,3 ± 0,6aA	99,5 ± 0,3aA	99,5 ± 0,2aA	99,6 ± 0,1aA	99,6 ± 0,2aA
1:20	72	76,6 ± 3,0bB	78,3 ± 2,0bB	92,1 ± 0,9aA	93,1 ± 0,7aB	94,2 ± 0,5aB

5 **Médias ± EP acompanhadas por letras distintas maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas
 6 indicam diferença significativa pelo teste multicomparação de Tukey ($p < 0,05$). (GLM, quasibinomial).

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

1 **Tabela S3.** Sobrevivência larval acumulada (%) de *Chrysoperla externa* alimentadas com
 2 ninfas segundo e terceiro ínstares de *Macrosiphum rosae* conforme as proporções predador:
 3 presa (P:P) e densidades iniciais de pulgões, após 24, 48 e 72 horas da interação entre as
 4 espécies.

Proporções (P:P)	Horas	Densidades de <i>Macrosiphum rosae</i> *				
		20	40	80	120	160
1:5	24	100 ± 0,0aB	96,6 ± 1,6aB	95,8 ± 1,2aB	97,2 ± 0,8aB	96,4 ± 0,8aB
1:10	24	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	98,8 ± 0,7aA	98,3 ± 0,8aA
1:20	24	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	98,8 ± 1,1aA
1:5	48	83,6 ± 4,2aC	80,4 ± 3,1aC	70,3 ± 2,5abC	64,5 ± 2,1bC	63,4 ± 1,9bC
1:10	48	97,7 ± 1,2aB	96,7 ± 1,2aB	92,2 ± 1,6abB	88,6 ± 1,7bB	87,9 ± 1,6bB
1:20	48	99,9 ± 0,0aA	99,9 ± 0,0aA	99,6 ± 0,3abA	99,2 ± 0,5bA	99,1 ± 0,6bA
1:5	72	60,2 ± 4,9aC	55,8 ± 3,5aC	40,6 ± 2,4bC	37,8 ± 2,0bC	35,6 ± 1,7bC
1:10	72	81,9 ± 4,3aB	78,0 ± 3,4aB	61,9 ± 3,0bB	58,6 ± 2,6bB	55,8 ± 2,4bB
1:20	72	98,6 ± 0,8aA	97,8 ± 1,0aA	91,2 ± 2,1bA	89,1 ± 2,1bA	87,2 ± 2,2bA

5 *Médias ± EP acompanhadas por letras distintas maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas
 6 indicam diferença significativa pelo teste multicomparação de Tukey ($p < 0,05$). (GLM, binomial).

7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24

1 **Tabela S4.** Sobrevivência larval acumulada (%) de *Chrysoperla externa* alimentada com
 2 ninfas de quarto ínstar e adultos de *Macrosiphum rosae* conforme às proporções predador:
 3 presa (P:P) e densidades de pulgões após 24, 48 e 72 horas da interação entre as espécies.

Proporções (P:P)	Horas	Densidades de <i>Macrosiphum rosae</i> *				
		20	40	80	120	160
1:5	24	100 ± 0,0aA	99,1 ± 0,8aA	97,9 ± 0,9aA	98,6 ± 0,6aA	97,9 ± 0,6aA
1:10	24	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	98,8 ± 0,7aA	98,3 ± 0,8aA
1:20	24	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	99,1 ± 0,8aA
1:5	48	98,3 ± 1,6aB	96,6 ± 1,6aB	94,7 ± 1,1aB	94,1 ± 1,5aB	89,5 ± 1,3aB
1:10	48	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	97,7 ± 1,0aA	96,2 ± 1,2aA
1:20	48	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0aA	100 ± 0,0a A	99,1 ± 0,8aA
1:5	72	82,2 ± 4,0aC	79,6 ± 3,0aC	72,7 ± 2,3abC	65,7 ± 2,0bcC	62,4 ± 1,8bC
1:10	72	93,8 ± 2,3aB	92,3 ± 2,0aB	87,6 ± 1,9abB	82,1 ± 2,0bcB	79,3 ± 1,9cB
1:20	72	98,4 ± 0,9aA	97,8 ± 0,9aA	95,6 ± 1,3abA	92,4 ± 1,7bcA	90,5 ± 1,9cA

4 *Médias ± EP acompanhadas por letras distintas maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas
 5 indicam diferença significativa pelo teste multicomparação de Tukey ($p < 0,05$). (GLM, binomial).

6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A roseira é uma das plantas ornamentais mais produzidas e comercializadas no mundo, entretanto, seu cultivo enfrenta desafios que, em grande parte, estão relacionados à ocorrência de pragas, como a cochonilha *P. citri* e o pulgão *M. rosae*. Populações desses insetos ocasionam redução na qualidade do produto, dificultando a comercialização pelos agricultores e a expansão econômica da cultura. Diante da demanda dos produtores por cultivos livres de agrotóxicos e botões florais livres de resíduos de produtos químicos, buscam-se inimigos naturais que possam ser eficientes no controle dessa praga. Considerando-se a importância econômica e social da produção de rosas, nesta tese avaliamos a interação de larvas de *C. externa* com *P. citri* e *M. rosae*, isoladamente. No artigo 1 comprovamos que o consumo de cochonilhas, desde o primeiro ínstar do predador, não é adequado para seu desenvolvimento, mas sua história de vida é alterada quando as larvas de primeiro ínstar se alimentam com ovos de *E. kuehniella*, mesmo que os demais ínstars recebam *P. citri* como alimento. No artigo 2, verificamos que o pulgão *M. rosae* constituiu-se em presa adequada para o desenvolvimento de *C. externa*, consumido durante todo período larval ou a partir do segundo ínstar. Os resultados desses bioensaios ressaltam a importância da qualidade da presa no início do desenvolvimento larval, ocasião em que a aquisição de determinados nutrientes é fundamental para a performance de imaturos e adultos do predador. Por meio dos resultados obtidos no artigo 3, evidenciou-se que os espécimes de *P. citri* ofertados como presa às larvas foram totalmente eliminados após 48 horas de exposição entre as espécies, embora a sobrevivência das larvas do predador tenha diminuído. Por fim, por meio do artigo 4, demonstra-se a redução total do número de pulgões jovens e adultos por larvas de segundo ínstar alcançada após 72 horas de interação entre as espécies, sendo que, na proporção 1:5, essa redução foi verificada em menor período de tempo. Vale ressaltar que o aumento da densidade larval foi diretamente proporcional à eficiência predatória e inversamente proporcional à sobrevivência larval. O canibalismo foi a única causa de mortalidade entre as larvas de *C. externa* quando em condições de escassez de presas. Verificamos que as larvas de *C. externa* têm potencial de reduzir populações de ambas espécies, *P. citri* e *M. rosae*, podendo ser selecionadas para o manejo dessas pragas em cultivos de rosas. A ação desse predador pode minimizar os danos causados por esses insetos-praga às roseiras, com vistas a garantir a qualidade estética dos botões florais, que é uma premissa para sua comercialização.