

INTERAÇÕES INTRA- E INTERESPECÍFICAS E TABELA DE FERTILIDADE DE
Cryptolaemus montrouzieri MULSANT E *Tenuisvalvae notata* (MULSANT) (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE)

por

CYNARA MOURA DE OLIVEIRA

(Sob Orientação da Professora Christian Sherley Araújo da Silva Torres - UFRPE)

RESUMO

As joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) *Tenuisvalvae notata* (Mulsant), nativa da América do Sul, e a espécie australiana *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, são predadoras de cochonilhas-farinhentas, dentre elas *Ferrisia dasyliirii* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae). Nesse contexto, o crescimento populacional de *C. montrouzieri* e sua disseminação no território brasileiro traz preocupação quanto aos possíveis impactos negativos sobre as populações de *T. notata*. Portanto, foram investigadas as interações de canibalismo e predação intraguilda entre essas duas espécies de joaninhas na ausência de presas. Também foram estimados os parâmetros de tabela de vida de fertilidade dessas joaninhas predando *F. dasyliirii* nas temperaturas de 25 e 28 °C e o número de gerações para diversas regiões do Brasil. A espécie introduzida atuou como predador intraguilda em mais de 80% das vezes sobre larvas da nativa do mesmo instar ou não. Os adultos de *C. montrouzieri* se alimentaram mais de larvas e ovos de *T. notata* que o contrário. *Cryptolaemus montrouzieri* apresentou maior canibalismo do que *T. notata*. Para ambas as espécies, o período de desenvolvimento foi reduzido com o aumento da temperatura, mas a longevidade das fêmeas e sua fecundidade não foram afetadas. Os parâmetros de tabela de vida (R_0 , T e r_m) foram superiores a 28°C. A r_m variou de 0,052 a 0,063 para *T. notata* e de 0,048 a

0,051 *C. montrouzieri* criadas a 25 e 28 °C, respectivamente. Foi estimado que *T. notata* e *C. montrouzieri* podem completar até 9 e 12 gerações anuais, respectivamente, com destaque para Surubim-PE e Bom Jardim-PE, localidades com temperaturas mais elevadas, o que confirma a influência da temperatura na biologia das espécies de joaninhas estudadas e, potencialmente, no controle biológico de cochonilhas-farinentas.

PALAVRAS-CHAVE: Predação intraguilda, canibalismo, tabela de vida de fertilidade, controle biológico, *Ferrisia dasyliirii*

INTRA- AND INTERSPECIFIC INTERACTIONS, AND FERTILITY LIFE TABLE OF

Cryptolaemus montrouzieri MULSANT AND *Tenuisvalvae notata* (MULSANT)

(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)

by

CYNARA MOURA DE OLIVEIRA

(Under the Direction of Professor Christian Sherley Araújo da Silva Torres - UFRPE)

ABSTRACT

The ladybeetle (Coleoptera: Coccinellidae) *Tenuisvalvae notata* (Mulsant), native to South America, and the Australian species *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, are predators of mealybugs, among them *Ferrisia dasyliirii* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae). In this context, the population growth of *C. montrouzieri* and its spread in the Brazilian territory raises questions regarding the possible impacts on the populations of the native *T. notata*. Thus, the interactions of cannibalism and intraguild predation were investigated between these two species in the absence of prey. Furthermore, we estimated the fertility life table parameters of these ladybugs preying on *Ferrisia dasyliirii* (Hemiptera: Pseudococcidae) at temperatures of 25 and 28 °C, and the number of generations in different regions in Brazil. The introduced species acted as the intraguild predator more than 80% of the time on larvae of the native species of same instar or not. Adults of *C. montrouzieri* preyed more on larvae and eggs of *T. notata* more than the contrary. *Cryptolaemus montrouzieri* had higher cannibalism than *T. notata*. For both species, development times were reduced with an increase in temperature, but female's longevity and fecundity were not affected. Life table parameters (R_0 , T_e and r_m) were higher at 28 °C. The r_m varied from 0.052 to 0.063 for *T. notata*, and from 0.048 to 0.051 for *C. montrouzieri* reared at 25 and 28 °C, respectively. It was

estimated that *T. notata* and *C. montrouzieri* can complete 9 and 12 generations annually, respectively, with emphasis to Surubim-PE and Bom Jardim-PE, localities with higher temperatures, confirming the influence of temperature on the biology of the studied ladybeetle species, and potentially the biological control of mealybugs.

KEY WORDS: Intraguild predation, cannibalism, fertility life table, biological control, *Ferrisia dasyliirii*

INTERAÇÕES INTRA- E INTERESPECÍFICAS E TABELA DE FERTILIDADE DE
Cryptolaemus montrouzieri MULSANT E *Tenuisvalvae notata* (MULSANT) (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE)

Por

CYNARA MOURA DE OLIVEIRA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Entomologia.

RECIFE – PE

Dezembro – 2020

INTERAÇÕES INTRA- E INTERESPECÍFICAS E TABELA DE FERTILIDADE DE
Cryptolaemus montrouzieri MULSANT E *Tenuisvalvae notata* (MULSANT) (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE)

Por

CYNARA MOURA DE OLIVEIRA

Comitê de Orientação:

Christian Sherley Araújo da Silva Torres - UFRPE

Jorge Braz Torres - UFRPE

INTERAÇÕES INTRA- E INTERESPECÍFICAS E TABELA DE FERTILIDADE DE
Cryptolaemus montrouzieri MULSANT E *Tenuisvalvae notata* (MULSANT) (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE)

por

CYNARA MOURA DE OLIVEIRA

Banca Examinadora:

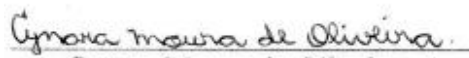
Christian Sherley Araújo da Silva Torres – UFRPE

Luziani Rezende Bestete – IGA

Madelaine Venzon – UFV

Maurício Silva de Lima – UFAL

Vitor Cezar Pacheco da Silva – UDELAR


Cynara Moura de Oliveira
Doutor em Entomologia


Christian Sherley Araújo da Silva Torres - UFRPE
Orientador

DEDICO

À minha família que sempre esteve ao meu lado, apoiando e incentivando minhas decisões; “in memoriam” ao meu amado pai José Natal, o qual almejava um doutor na família, mas, partiu meses antes de acontecer.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção, força e coragem nos momentos difíceis e por permitir mais uma conquista em minha vida.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, pela oportunidade dada à minha formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

Aos meus orientadores professores Christian S.A. Silva-Torres e professor Jorge Braz Torres pela orientação, confiança, e pelos exemplos de dedicação e profissionalismo.

A todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia (PPGE) da UFRPE, pela contribuição na realização de mais uma etapa profissional.

Aos funcionários do PPGE pela dedicação nos serviços prestados.

Aos amigos que fazem e fizeram parte do laboratório de Comportamento de Insetos, Larissa Ferreira, Jennifer Oberger, Natanel Batista, Amanda Túler, Daniel Passos, Vitor Pacheco, Enggel Carmo, Nataly De la Pava, Rafael, Elizabete, Géssica e Rhian Moraes pelos ensinamentos, momentos de descontração, desabafos, ajuda e companhia durante o curso.

Aos amigos que o PPGE me proporcionou: Jasmine, Hilton, Antônio, Andrezo, Carolina, Francieli, Elaine, Mauricéa, Glaucilane, Érica, Tamara, Priscila, Kamila, Vaneska, Jefferson, Milena, Valeska, Rogério, Dayana, Alessandra.

Agradeço em especial, aos meus pais José Natal de Oliveira (*in memoriam*) e Cícera Romana de Moura Oliveira, e meus irmãos Cybelle, Cinthya e Willyms, pelo carinho, amor incondicional e companheirismo.

Aos meus amados sobrinhos Braian, Eliza, João, Nicole, Raian, Thales, e Victória pelos momentos de alegrias e descontração.

A Breno Lima, pelo afeto, carinho, paciência, companheirismo e amizade.

A minha filha do coração, Liz Maria, pelo carinho, momentos de alegrias e por me fazer sentir a presença do amor entre mãe e filha. E a minha sogra Fátima.

Aos cunhados, Emília, Jamerson e Raimundo pela amizade e momentos de descontração.

Às minhas amigas Larissa, Jennifer, Solange, Iana, Mauricéa, Pollianna e Janete pelos conselhos e momentos de descontração.

Aos amigos e companheiros desde a época da graduação, Renata, Helma, Rosa, Yokaanan, Wellington, Marcos, Cláudio, Érico, Igor e Eduardo que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento profissional.

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

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	1
Cochonilhas-farinentas e seu controle.....	1
Joaninhas predadoras.....	4
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	5
<i>Tenuisvalvae notata</i>	7
Interações desarmônica - predação intraguilda e canibalismo.....	7
Potencial de controle e regulação populacional de pragas	11
LITERATURA CITADA.....	12
2 CANIBALISMO E PREDACÃO INTRAGUILDA ENTRE DUAS JOANINHAS	
COCCIDÓFAGAS.....	22
ABSTRACT	23
INTRODUÇÃO	24
MATERIAL E MÉTODOS	26
RESULTADOS.....	30
DISCUSSÃO.....	32
AGRADECIMENTOS.....	38
LITERATURA CITADA.....	38

3	CRESCIMENTO POPULACIONAL DE DUAS ESPÉCIES DE JOANINHAS (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) EM DIFERENTES TEMPERATURAS..56
	RESUMO57
	ABSTRACT58
	INTRODUÇÃO59
	MATERIAL E MÉTODOS61
	RESULTADOS.....65
	DISCUSSÃO.....68
	AGRADECIMENTOS.....74
	LITERATURA CITADA.....74
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS85

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Cochonilhas-farinhentas e seu controle

As cochonilhas constituem um importante grupo de pragas estritamente fitófagas e de grande importância econômica dada à natureza da injúria provocada, que conseqüentemente causa perdas significativas de produção, acarretando aumento nos custos de produção para sua prevenção ou controle (Santa-Cecília *et al.* 2002, Culik & Gullan 2005). Dentre as cochonilhas de importância agrícola, temos as cochonilhas-farinhentas que estão classificadas na ordem Hemiptera, subordem Sternorrhyncha, superfamília Coccoidea, e família Pseudococcidae (Grazia *et al.* 2012). Os insetos desta família são pequenos, possuem corpo pouco quitinizado, formato oval a arredondado, coloração rosada ou acinzentada, cujos adultos possuem tamanho variando de 2 a 5 mm de comprimento (Kondo *et al.* 2008, Pacheco da Silva *et al.* 2016). Seu nome comum deriva da secreção de cera branca, pulverulenta que recobre o corpo de ninfas e fêmeas adultas, da maioria das espécies, que lhes confere o aspecto de terem sido envolvidas em farinha (Downie & Gullan 2004, Souza *et al.* 2008, Grazia *et al.* 2012).

As fêmeas de Pseudococcidae passam pelas seguintes fases de desenvolvimento: ovo, três estágios imaturos (ninfas) e adulto (neotênico); enquanto os machos apresentam as fases de: ovo, dois estágios ninfais, duas fases tipo pupa (pré-pupa e pupa), que se desenvolvem dentro de um casulo produzido pela ninfa de segundo instar, e adulto alado (Franco *et al.* 2009, Pacheco da Silva *et al.* 2016). São insetos que podem se reproduzir de forma sexuada ou partenogeneticamente (Nur 1971, Waterworth *et al.* 2012), onde a maioria é ovípara, porém, podem ocorrer espécies ovovivíparas e suas posturas podem variar de 50 a mais de 800 ovos (Daane *et al.* 2018).

Os ovos são depositados em um ovissaco, composto de filamentos cerosos que serve de proteção para ovos e ninfas recém eclodidas (Gravena 2005, Santa-Cecília *et al.* 2007, Grazia *et al.* 2012, Pacheco da Silva *et al.* 2016). Nos primeiros dias de cada instar as ninfas apresentam coloração amarelada a rosada e apresentam poucas secreções cerosas na superfície do corpo. No primeiro instar as ninfas são móveis e por isso contribuem para dispersão da espécie, já no segundo e terceiro instares correspondem aos instares de alimentação, normalmente permanecem imóveis, alimentando-se em locais protegidos nas plantas; são atraídas pela luz e tendem a procurar por tecidos favoráveis à alimentação e proteção, como nos tecidos jovens da planta e estruturas reprodutivas (Oliveira *et al.* 2014, Pacheco da Silva *et al.* 2016).

Os machos adultos, cujo aparelho bucal é atrofiado, têm vida curta e exercem a função de apenas fecundar as fêmeas (Franco *et al.* 2009, Pacheco da Silva *et al.* 2016). As fêmeas são ápteras e sedentárias, assemelhando-se às formas imaturas.

Pseudococcidae compreende mais de 2032 em todo o mundo sendo todas fitófagas (Garcia Moralis *et al.* 2016), e entre elas se encontra a *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) (Kaydan & Gullan 2012). Esta espécie foi encontrada no Semiárido de Pernambuco (Torres *et al.* 2011, Silva-Torres *et al.* 2013), onde as condições ambientais de alta temperatura, baixa precipitação, longa estação de seca, e grande número de plantas hospedeiras alternativas têm favorecido a sua ocorrência e estabelecimento. Possui semelhança morfológica com *Ferrisia virgata* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae), por serem espécies muito próximas e difíceis de identificar (Kaydan & Gullan 2012). Sua ocorrência no Brasil tem sido citada em culturas de importância econômica como o algodão, coqueiro, abacaxi, melão, cacau, tomate, citrus, banana, goiaba, uva, gengibre, entre outras (Kaydan & Gullan 2012) como também encontrada recentemente em cafeeiro no estado de Rondônia (Rondelli *et al.* 2018) e em graviola no Estado de Pernambuco (Pacheco da Silva *et al.* 2019). Similar às injúrias causadas por outras

espécies de Pseudococcidae, *F. dasyliirii* ocasiona o amarelecimento, definhamento, queda prematura de folhas, botões florais e frutos das mesmas, o que pode resultar em redução na produção ou mesmo morte das plantas (Culik & Gullan 2005, Santa-Cecília *et al.* 2007). Além disso, o excesso de seiva ingerida é excretado na forma de honeydew sobre a planta, comumente favorecendo o desenvolvimento de fungos oportunistas (fumagina) que, em última instância, interferem nos processos de fotossíntese e respiração (Gravena 2003, Culik & Gullan 2005).

O controle das cochonilhas-farinhas é feito com o uso de óleos minerais (Machado *et al.* 2020) e predominantemente com inseticidas de amplo espectro (Nagrare *et al.* 2011). Contudo, a eficiência deste método é reduzida devido ao fato das cochonilhas viverem preferencialmente em locais protegidos na planta e a presença de cera pelo corpo, reduzindo assim a sua exposição ao produto (Franco *et al.* 2009, Pacheco da Silva *et al.* 2016). Assim, o produtor tende a utilizar mais produto do que o recomendado, na tentativa de aumentar sua eficiência, encarecendo o manejo da praga (Pantoja *et al.* 2002). O controle químico é mais adequado no início das infestações, visando atingir principalmente os primeiros instares, quando não apresentam secreção cerosa protetora (Santa-Cecília & Souza 2005). Além do mais, o uso exagerado de inseticidas pode selecionar populações de cochonilhas resistentes como também prejudicar a presença de inimigos naturais e o meio ambiente. Assim, métodos alternativos de controle são necessários para o manejo adequado desta praga. Entre eles temos o controle biológico com predadores e parasitoides (Santa-Cecília & Souza 2005). Este método não causa danos ao homem e tem nenhum ou baixo impacto no meio ambiente se devidamente aplicado. Diversos inimigos naturais contribuem para o controle de cochonilhas-farinhas com destaque para os parasitoides (Attia 2006) e insetos predadores como crisopídeos (Bezerra & Santa-Cecília 2006, Alizadeh *et al.* 2013, Tapajós *et al.* 2016) e joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae), como *Cryptolaemus*

montrouzieri Mulsant (Santa-Cecília & Souza 2005, Attia & El-Arnaouty 2007, Mani & Krishnamoorthy 2008) e *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) (Dreyer *et al.* 1997).

Joaninhas Predadoras

Joaninha é o nome comum dado para espécimes de Coccinellidae (Coleoptera), o qual é um grupo diverso distribuído mundialmente e representado por mais de 6.000 espécies distribuídas em 360 gêneros (Vandenberg 2002). Dessas, aproximadamente 2.000 espécies estão na região Neotropical (Almeida & Ribeiro-Costa 2009). A maioria das espécies de joaninhas é predadora, embora existam espécies fitófagas e micófagas (Majerus 1994, Giorgi *et al.* 2009).

As joaninhas entomófagas são notadamente predadoras de pulgões, moscas-brancas, psilídeos, tripes, cochonilhas, ovos de lepidópteros, lagartas neonatas e ovos de coleópteros, sendo por isso desejadas para uso no controle biológico dessas pragas (Gordon 1985, Majerus & Kearns 1989, Hodek *et al.* 2012). Tanto as larvas, quanto os adultos possuem uma grande voracidade e atividade de busca por presas, das quais ocupam todos os seus ambientes (Hodek 1973, Hodek *et al.* 2012). Além disso, possuem elevado potencial biótico, apresentam hábito alimentar de especialista a generalista.

O primeiro caso de sucesso de controle biológico clássico se deu na Califórnia, onde a joaninha *Novius cardinalis* (Mulsant) foi introduzida a partir da Austrália para controlar *Icerya purchasi* (Maskell) (Hemiptera: Monophlebidae) em pomares de citrus (Parra *et al.* 2002, Guerreiro 2004). Este caso foi concluído, de maneira efetiva, dois anos após a liberação da *N. cardinalis*, sendo considerado até hoje um marco na história do controle biológico clássico no mundo (Van den Bosch *et al.* 1982, Caltagirone & Doult 1989, Parra *et al.* 2002). A partir deste resultado, outras espécies de joaninhas exóticas têm sido subsequentemente aclimatadas, num esforço de controlar insetos-praga introduzidos em novas áreas (Obrycki *et al.* 1998, Ipert 1999).

No Brasil, por exemplo, cita-se o caso da joaninha *C. montrouzieri*, que foi importada do Chile para o controle de *Planococcus citri* Risso (Hemiptera: Pseudococcidae) (Gravena 2003, Kairo *et al.* 2013); e a joaninha multicolorida da Ásia *Harmonia axyridis* (Pallas), introduzida acidentalmente a partir de populações da Argentina (Almeida & Silva 2002).

Cryptolaemus montrouzieri

A joaninha *C. montrouzieri* é nativa da Austrália, sendo citada como importante predadora da cochonilha-branca dos citros, *P. citri* (Gravena 2003, Kairo *et al.* 2013). Sendo também eficaz no controle de *F. virgata* em plantas ornamentais no Egito (Attia & El-Arnaouty 2007) e *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) na Índia (Mani & Krishnamoorthy 2008). Atualmente, *C. montrouzieri* apresenta uma distribuição mundial, tendo sido introduzida em pelo menos 64 países na América do Sul, Caribe, África, Ásia, Oceania, Europa, entre outros (Kosztarab 1996, Aleman *et al.* 2001, Mani & Krishnamoorthy 2012). Há poucas informações disponíveis sobre a distribuição natural de *C. montrouzieri* nas áreas de introdução, mas é provável que seja alta, porém ainda não relatada.

Esse coccinélídeo foi primeiramente descrito por Mulsant (Mulsant 1850) e o gênero foi posteriormente revisado por Cockerell (Cockerell 1929) e Korschefsky (Korschefsky 1931). Outra revisão reconhece duas subespécies, sendo *C. montrouzieri*, e *C. montrouzieri simplex* Blackburn (Booth & Pope 1986). *C. montrouzieri* pode ser separada das outras espécies conhecidas do gênero por sua coloração; é a única espécie com tíbias escuras, o macho apresenta o primeiro par de pernas de coloração amarelo a avermelhada enquanto a fêmea apresenta os três pares de pernas de cor negra (Pang & Gordon 1986). Em condições controladas de laboratório, com variações de 25 a 29 °C e 58-64% de umidade relativa, o desenvolvimento de ovo a adulto é concluído em 27-30 dias (Kairo *et al.* 2013). O período de pré-oviposição varia de 10 a 16 dias. A longevidade dos adultos é

cerca de 50 a 110 dias, com fecundidade média de 211 ovos por fêmea (Satyanarayana & Narayana 1986, Babu & Azam 1987, Torres & Marcano 2007, Mali & Jeevan 2008, Rosas-Garcia *et al.* 2009, Kairo *et al.* 2013).

No Brasil, *C. montrouzieri* foi introduzida pelo Laboratório de Entomologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura em Cruz das Almas – Bahia, como alternativa para o controle biológico de cochonilhas, em particular *P. citri*, em cultivos de importância econômica como o citrus e, posteriormente, como forma estratégica e proativa de controle biológico clássico da cochonilha rosada *M. hirsutus*, caso esta praga fosse introduzida (Sanches & Carvalho 2010), o que acabou de acontecer (Marsaro Júnior *et al.* 2013). Predando ninfas e cochonilhas adultas, a joaninha *C. montrouzieri* se mostra altamente eficiente no controle destas pragas, assim contribuindo para o manejo integrado de cochonilhas em vários cultivos (Wu *et al.* 2014). Até completar o desenvolvimento, estima-se que uma larva de *C. montrouzieri* consuma 3000 ovos, 300 ninfas ou até 30 cochonilhas adultas (Mani *et al.* 2008). Os adultos utilizam estímulo visual e olfativo na busca por alimento, enquanto que as larvas procuram as presas ao acaso e as distinguem pelo contato físico (Heidari & Copland 1992). Estudos realizados por Copland *et al.* (1985) mostraram que uma larva durante seu desenvolvimento, a 21 °C, pode consumir mais de 250 ninfas de segundo e terceiro instares de *Planococcus* sp. (Hemiptera, Pseudococcidae), demonstrando maior eficiência de predação em alta população da presa. Al Khateeb & Raie (2002) observaram que machos e fêmeas de *C. montrouzieri* podem consumir uma média de 37,5 e 33 ninfas de terceiro instar de *P. citri* por dia, respectivamente. De Bortoli *et al.* (2014) verificaram que o tipo de alimento e a densidade de presa disponível pode interferir na predação, e o maior número de presas consumidas por *C. montrouzieri* ocorreu quando a cochonilha *P. citri* foi criada em batata, seguido de citros e abóbora, como também quando a densidade da presa passou de 16 para 24 adultos de *P. citri*.

Tenuisvalvae notata

A joaninha *T. notata* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) é nativa da América do Sul (Dreyer *et al.* 1997), foi introduzida na África na década de 1980 para, junto ao parasitoide *Apoanagyrus lopezi* (DeSantis), controlar a cochonilha da mandioca, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Herren & Neuenschwabder 1991, Chakupurakal *et al.* 1994, Barbosa, 2012). Nos planaltos colombianos *T. notata* preda preferencialmente *Phenacoccus herreni* Cox & Williams, enquanto que no sul do Brasil e Paraguai ela tem como presa preferencial *P. manihoti* (Loehr *et al.* 1990, Sullivan *et al.* 1991). Essa joaninha foi encontrada no Semiárido de Pernambuco sobre plantas de algodão infestadas com as cochonilhas *F. dasyliirii* e *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) (Barbosa *et al.* 2014).

Os adultos de *T. notata* exibem coloração marfim ao amarelo com manchas circulares marrom escuro ao preto, onde pode surgir uma pequena mancha laranja ou vermelho em cada élitro de alguns indivíduos (Túler 2017). As fêmeas são maiores que os machos, com duas manchas pretas em forma de triângulo entre os olhos. O período embrionário dura cerca de 5,8 dias, enquanto o período de larva a adulto dura aproximadamente 30 dias, em condições de 25 °C tendo *F. dasyliirii* como presa (Barbosa *et al.* 2014).

Estima-se que uma fêmea adulta dessa joaninha consuma aproximadamente 158 ninfas neonatas, ou 3,6 ninfas de terceiro instar ou ainda 2,2 fêmeas de *F. dasyliirii* por dia (Barbosa *et al.* 2014), mostrando-se como potencial agente de controle biológico desta cochonilha. Assim, uma vez estabelecidas, em campo, e com disponibilidade de presa, esta joaninha poderá contribuir para a manutenção de populações de cochonilhas-farinhentas abaixo do nível de dano econômico.

Interações desarmônica - predação intraguilda e canibalismo

Em programas de controle biológico, predadores e parasitoides podem ser utilizados visando controlar um complexo de pragas presente no agroecossistema (De Clercq *et al.* 2003). Entretanto, o entendimento das relações existentes entre as espécies e suas teias alimentares deve ser usado para o aprimoramento de programas de manejo integrado de pragas buscando minimizar eventuais riscos (Knaak *et al.* 2009, Silva *et al.* 2012). Assim, o estudo da competição interespecífica realizado por meio de parâmetros biológicos é essencial para avaliar o potencial de crescimento da população de uma espécie. Essa informação também é importante na avaliação do potencial que um inimigo natural exótico tem ao competir com aqueles já estabelecidos (Lanzoni *et al.* 2004).

Dentre as possíveis interações desarmônicas entre espécies de joaninhas predadoras, destaca-se a predação intraguilda que é definida como uma combinação de competição e predação, em que duas espécies diferentes competem por um mesmo recurso, e uma delas ou ambas predam seu competidor (Polis *et al.* 1989, Wang *et al.* 2018). A interação predador-predador pode reduzir a eficácia do controle biológico (Dixon 2000), podendo diminuir a taxa de predação do inseto-praga, impedindo o sucesso do programa quando, por exemplo, um predador pouco eficiente alimenta-se de um inimigo natural mais efetivo. O lado benéfico seria aumentar o número de presas consumidas por um dos competidores. No entanto, essas relações variam entre espécies e estágios de vida do inseto (Law & Rosenheim 2011, Takizawa & Snyder 2011), e podem ter efeito negativo na regulação populacional da praga alvo. De acordo com o modelo de regulação populacional proposto por Oksanen *et al.* (1981), a regulação populacional da praga sofre um efeito cascata, e a introdução de mais um nível trófico, ou seja um predador intraguilda ou um hiperparasitoide, seria negativo para o controle biológico da praga, pois o predador intraguilda iria reduzir a população da outra espécie de predador (presa intraguilda) e a população da praga escaparia do controle.

Dentre os insetos generalistas que apresentam potencial para predação intraguilda em agroecossistemas, a *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) se sobressai sobre o

Ceraeochrysa cubana (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) por apresentar maior sobrevivência mesmo quando em adensamento (Souza *et al.* 2008). Em outro exemplo, temos que quando em alta população, os percevejos do gênero *Orius*, passam a ser capturados mais facilmente por percevejos *Geocoris*, tornando-se uma presa intraguilha (Torres *et al.* 2009). A joaninha *H. axyridis* exerce predação intraguilha sobre *C. sanguinea*, por completar seu desenvolvimento apenas com esta fonte de alimento e pelo seu aumento significativo (Michaud 2002). Dinesh & Venkatesha (2014) verificaram que *C. montrouzieri* se torna uma ameaça as larvas de *Spalgis epius* (Westwood) (Lepidoptera: Lycaenidae), que são dois potenciais predadores de diferentes espécies de cochonilhas, sob a ausência total da presa *P. citri*.

Khan & Yoldas (2018) demonstraram que *Coccinella septempunctata* L. é um poderoso predador intraguilha de *Hippodamia variegata* (Goeze) na escassez de presas extraguilhas.

Para a introdução e o estabelecimento de coccinelídeos predadores, a predação intraguilha é um dos fatores avaliados em programas de controle biológico clássico (Mallampalli *et al.* 2002, Kajita *et al.* 2006). Pois, de acordo com Lucas *et al.* (1998), a especificidade, tamanho, mobilidade e agressividade do inseto predador e a presença de presa influenciam a ocorrência de predação intraguilha.

Já o canibalismo é o ato de predar ou se alimentar de indivíduos da própria espécie e, também, pode exercer um papel importante na manutenção da estabilidade e estrutura etária populacional (Polis 1980, 1981, Duelli 1981, Leonardsson 1991) e é comum em populações de artrópodes (Rocca *et al.* 2017). A intensidade geralmente aumenta quando a qualidade e/ou quantidade de alimento alternativo diminui (Polis 1981). O resultado pode ocorrer com o prolongamento da vida do predador (Rickers & Scheu 2005), diminuição do tempo de desenvolvimento e gerar adultos maiores (Michaud & Grant 2005). Como também pode ser importante quando presas de alta qualidade nutricional não estão disponíveis, pois co-específicos

podem atuar como bioacumuladores, concentrando recursos nutricionais, ou como filtros biológicos, eliminando compostos tóxicos (Snyder *et al.* 2000).

As fases mais vulneráveis ao canibalismo são as de ovo, pré-pupa, pupa ou indivíduos recém-emergidos (Almeida & Ribeiro-Costa 2009). Já entre os insetos adultos é particularmente raro (Felix & Soares 2004, Santi & Maini, 2007). De acordo com Pervez *et al.* (2006), o canibalismo larval em Coccinellidae representa uma estratégia de sobrevivência das larvas sob condições de escassez de presas ou de alimento com baixo valor nutritivo. Permitindo com isso a sobrevivência dos mais aptos e que estes completem seu desenvolvimento.

Estudos do comportamento de canibalismo em *H. axyridis* sugerem que as fêmeas tendem a fazer sua postura distante da colônia de afídeos, para garantir que não ocorra canibalismo por indivíduos de outro grupo de larvas (Almeida & Ribeiro-Costa 2009). Michaud (2003) observou os diferentes componentes do canibalismo em três espécies de joaninhas *H. axyridis*, *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) e *Olla v-nigrum* (Mulsant), e observou que as larvas das joaninhas estudadas completaram o desenvolvimento alimentando-se de ovos e larvas da própria espécie.

O conhecimento sobre a preferência alimentar é importante para determinar o comportamento do predador frente a diversas pragas e saber se será eficiente no controle do alvo desejado (Enkegaard *et al.* 2001, Xu & Enkegaard 2009). Como também compreender o comportamento alimentar dos inimigos naturais, sobretudo a predação intraguilda e o canibalismo. Ambos associados às reações dos insetos a diferentes condições ambientais, o que necessita de análises para o conhecimento da relação entre as suas ações comportamentais, o equilíbrio e a dinâmica populacional de cada espécie (Battel 2016).

Em razão da ocorrência conjunta espacial e temporal e do hábito polífago de algumas espécies exóticas e nativas de joaninhas, existe um potencial para a predação intraguilda entre essas espécies (Dixon 2000).

Potencial de controle e regulação populacional de pragas

Várias pesquisas com insetos predadores buscam verificar o potencial de utilização desses inimigos naturais no controle de insetos-praga. A escolha de predadores para avaliações do potencial das espécies para o manejo de pragas é usualmente ancorada no fato de que espécies de predadores generalistas que apresentam alimentação extra oral são capazes de explorar vários recursos, o que favorece a ocupação de diferentes habitats (Cohen 1995).

Predação é uma interação em que os indivíduos de uma população (predadores) capturam outros indivíduos de outra população (presas) para se alimentar, necessitando de diversos indivíduos da espécie (presa) para seu desenvolvimento completo ou sua manutenção, causando morte das presas (Gallo *et al.* 2002). Conforme Ridgway & Murphy (1984), a eficiência de um predador é regida pela densidade do predador e da presa, distribuição da presa e sua área de ação e a preferência pelas espécies de presas disponíveis.

A abundância de presas poderá determinar diferentes tipos de resposta em uma população de predadores, onde todo indivíduo necessita de certa quantidade de alimento para crescer e se reproduzir. Se a densidade de presas for alta, haverá um maior consumo do predador com um mínimo esforço e tempo. Caso contrário, o predador terá que forragear persistentemente, gastando mais tempo e energia para encontrar a presa (Begon *et al.* 1990). Além da taxa de predação, expressa através das respostas funcional e numérica dos predadores sobre determinadas espécies de presas, as tabelas de vida de fertilidade visam estudar o desenvolvimento e padrões de fertilidade e sobrevivência de insetos, constituindo componentes essenciais em estudos biológicos desses artrópodes (Abdel-Salam & Abdel-Baky 2001, Cividanes & Souza 2003). Estudos de tabela de vida de inimigos naturais fornecem informações úteis para o entendimento do seu potencial para o controle de pragas e, também, podem auxiliar na melhoria do processo de criação massal (Hassell 1978, Carey 2001, Ahi *et al.* 2015). Assim, por meio de tabelas de vida de fertilidade pode-se

estimar o crescimento de populações de insetos predadores e seu potencial em controlar a praga alvo (Rodrigues *et al.* 2003). Para *C. montrouzieri* já existem vários estudos relatando esses índices de tabela de vida sobre algumas espécies de cochonilhas, como por exemplo *M. hirsutus*, *P. citri* e *Pseudococcus viburni* (Signoret) (Persad & Khan 2002, Ahi *et al.* 2015). Entretanto, esses parâmetros não foram identificados para *C. montrouzieri* e *T. notata* predando a cochonilha *F. dasyliirii* em diferentes temperaturas.

Portanto, este estudo teve como objetivo investigar as interações de canibalismo e predação intraguilada entre *T. notata* e *C. montrouzieri* na ausência de presas. Também foram estimados os parâmetros de tabela de vida de fertilidade dessas joaninhas predando *F. dasyliirii* nas temperaturas de 25 e 28 °C e o número de gerações para diferentes localidades do Brasil.

Literatura Citada

- Abdel-Salam, A.H. & N.F. Abdel-Baky. 2001.** Life table and biological studies of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Col., *Coccinellidae*) reared on the grain moth eggs of *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lep., *Gelechiidae*). J. Appl. Entomol. 125: 455-462.
- Ahi, G.A.A., A. Afshari, V. Baniamერი, H. Dadpour, M. Yazdanián & A. Golizadeh. 2015.** Laboratory survey on biological and demographic parameters of *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Coleoptera: *Coccinellidae*) fed on two mealybug species. J. Crop Prot. 4: 267-276.
- Al Khateeb, N. & A.A. Raie. 2002.** Study of some biological parameters of the predator *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) introduced to *Planococcus citri* (Risso) in Syria, and estimate of its predation rate in the laboratory. Arab J. Pl. Prot. 19: 131-135.
- Aleman J., M.A. Martinez, O. Milian & E. Masso. 2001.** Recent introduction of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: *Coccinellidae*) in Cuba. Rev. Prot. Veg. 16:159.
- Alizadeh, M.S., M.S. Mossadegh & M. Esfandiari. 2013.** Natural enemies of *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: *Pseudococcidae*) and their population fluctuations in Ahvaz, southwest of Iran. J. Crop Prot. 2: 13-21.
- Almeida, L.M. & V.B. Silva. 2002.** Primeiro registro de *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, *Coccinellidae*): um coccinelídeo originário da região Paleártica. Rev. Bras. Zool. 19: 941-944.

- Almeida, L.M. & C.S. Ribeiro-Costa. 2009.** Coleópteros predadores (Coccinellidae), p. 931-968. In A.R. Panizzi, & J.R.P. Parra (eds.), *Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 1164p.
- Attia, R.A. 2006.** Biological control of the striped mealybug, *Ferrisia virgata* (Ckll.) (Homoptera: Pseudococcidae) on the mulberry tree, *Morus alba* using the coccinellid predator, *Scymnus syriacus* Mars. Egypt J. Biol. Pest Control 16:45-50.
- Attia, R.A. & S.A. El-Arnaouty. 2007.** Use of the coccinellid predator, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant against the striped mealybug, *Ferrisia virgata* (Ckll.) on the Ornamental Plant, *Agalypha macrophylla* in Egypt. Egypt J. Biol. Pest Control 17: 71-76.
- Babu, T.R. & K.M. Azam. 1987.** Biology of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, (Coccinellidae: Coleoptera) in relation with temperature. Entomophaga 32: 381-6.
- Barbosa, P.R.R. 2012.** Desempenho de *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) em diferentes presas e sua predação sobre *Ferrisia virgata* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae). Dissertação de Mestrado, UFRPE, Recife, PE, 69p.
- Barbosa, P.R.R., M.D. Oliveira, J.A. Giorgi, C.S.A. Silva-Torres & J.B. Torres. 2014.** Predatory behavior and life history of *Tenuisvalvae notata* (Coleoptera: Coccinellidae) under variable prey availability conditions. Fla. Entomol. 97: 1026-1034.
- Battel, A.P.M.B. 2016.** Dinâmica de interações intraguilda em *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae), *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) com *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psilidae). Tese de Doutorado, ESALQ/USP, Piracicaba, 92p.
- Bezerra, G.C.D. & L.V.C. Santa-Cecília. 2006.** Aspectos biológicos da fase adulta de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) oriunda de larvas alimentadas com *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae). Ciênc. Agrotec. 30: 603-610.
- Begon, M., J.L. Harper & C.R. Townsend, 1990.** Ecology: individuals, populations and communities. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 945p.
- Booth, R.G. & R.D. Pope. 1986.** A review of the genus *Cryptolaemus* (Coleoptera: Coccinellidae) with particular reference to the species resembling *C. montrouzieri* Mulsant. Bull. Entomol. Res. 76: 701-717.
- Carey, J.R. 2001.** Insect biodemography. Annu. Rev. Entomol. 46: 79-110.
- Caltagirone, L.E. & R.L. Doutt. 1989.** The history of the vedalia beetle importation to California and its impact on the development of biological control. Ann. Rev. Entomol. 34: 1-16.

- Chakupurakal, J., R.H. Markham, P. Neuenschwander, M. Sakala, C. Malambo, D. Mulwanda, E. Banda, A. Chalabesa, T. Bird & T. Haug. 1994.** Biological control of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: *Pseudococcidae*), in Zambia. *Biol. Control* 4: 254-262.
- Cividanes, F.J. & V.P. Souza. 2003.** Exigências térmicas e tabelas de vida de fertilidade de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) em laboratório. *Neotrop. Entomol.* 32: 413-419.
- Cockerell, T.D.A. 1929.** *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, and its allies. *J. Econ. Ent.* 22: 271.
- Cohen, A.C. 1995.** Extra-oral digestion in predaceous terrestrial arthropoda. *Annu. Rev. Entomol.* 4: 85-103.
- Copland, M.J.W., C.C.D. Tingle, M. Saynor & A. Panis. 1985.** Biology of glasshouse mealybugs and their predators and parasitoids, p. 82-86. In N.W. Hussey & N.E.A. Scopes (eds.), *Biological pest control: the glasshouse experience*. New York, Cornell University.
- Culik, M.P. & Gullan, P.J. 2005.** A new pest of tomato and other records of mealybugs (Hemiptera: *Pseudococcidae*) from Espírito Santo, Brazil. *Zootaxa* 964: 1–8.
- Daane, K.M., R.P.P. Almeida, V.A. Bell, J.T.S. Walker, M. Botton, M. Fallahzadeh, M. Mani, J.L. Miano, R. Sforza, V.M. Walton & T. Zaviezo. 2012.** Biology and management of mealybugs in vineyards, p. 271-307. In N.J. Bostanian, C. Vicent & R. Isaacs (eds.), *Arthropod management in Vineyards: Pests, Approaches, and Future Directions*. Springer Science+Business Media B.V., Dordrecht, 508p.
- De Bortoli, S.A., A.R. Gravena, A.M. Vacari, V.L. De Laurentis & C.P. De Bortoli. 2014.** Resposta funcional da joaninha *Cryptolaemus* predando cochonilha branca em diferentes temperaturas e substratos vegetais. *Rev. Caatinga*, 27: 63–71.
- De Clercq, P., I. Petters, G. Vergauwe & O. Thas. 2003.** Interaction between *Podisus maculiventris* and *Harmonia axyridis*, two predators used in augmentative biological control in greenhouse crops. *Biocontrol* 48: 39-55.
- Dinesh A.S. & M.G. Venkatesha. 2014.** Inter- and intraspecific interactions in two mealybug predators *Spalgis epius* and *Cryptolaemus montrouzieri* in the presence and absence of prey. *Bull. Entomol. Res.* 104: 48–55.
- Dixon, A.F.G. 2000.** *Insect Predator – Prey Dynamics: Ladybirds Beetles & Biological Control*. Cambridge, Cambridge University Press, 257p.
- Downie, D.A. & P.J. Gullan. 2004.** Phylogenetic analysis of mealybugs (Hemiptera: Coccoidea: *Pseudococcidae*) based on DNA sequences from three nuclear genes, and a review of the higher classification. *Syst. Entomol.* 29: 238-259.

- Dreyer, B.S., P. Neuenschwander, J. Baumgärtner & S. Dorn. 1997.** Trophic influences on survival, development and reproduction of *Hyperaspis notata* (Col., Coccinellidae). *J. Appl. Entomol.* 121: 249-256.
- Duelli, P. 1981.** Is larval cannibalism in lacewings adaptive? (Neuroptera: Chrysopidae). *Researches on Population Ecology*, 23: 193-209.
- Enkegaard, A., H.F. Brodsgaard & D.L. Hansen. 2001.** *Macrolophus caliginosus*: Functional response to whiteflies and preference and switching capacity between whiteflies and spider mites. *Entomol. Exp. Appl.* 101: 81-88.
- Felix, S. & A.O. Soares. 2004.** Intraguild predation between the aphidophagous ladybird beetles *Harmonia axyridis* and *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae): the role of body weight. *Eur. J. Entomol.* 101: 237–242.
- Franco, J.C., A. Zada & Z. Mendel. 2009.** Novel approaches for the management of mealybug pests, p. 279–316. In I. Ishaaya & A.R. Horowitz (eds.), *Biorational Control of Arthropod Pests: application and resistance management*. Springer, 408p.
- Gallo, D., O. Nakano, S. Silveira Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. Batista, E. Berti Filho, J.R.P. Parra, R.A. Zucchi, S. B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchim, J.R.R. Lopes & C. Omoto. 2002.** Manual de entomologia agrícola. Piracicaba, FEALQ, 920p.
- Garcia Morales, M., B.D. Denno, D.R. Miller, G.L. Miller, Y. Ben-Dov & N.B. Hardy. 2016.** ScaleNet: A Literature-based model of scale insect biology and systematics. Database 1-5. doi: 10.1093/database/bav118. <http://scalenet.info>.
- Giorgi, J.A., N.J. Vandenberg, J.V. McHugh, J.A. Forrester, S.A. Slipinski, K.B. Miller, L.R. Shapiro & M.F. Whiting. 2009.** The evolution of food preferences in Coccinellidae. *Biol. Control* 51: 215–231.
- Gordon, R.D. 1985.** The Coccinellidae (Coleoptera) of America north of Mexico. *J. N. Y. Entomol. Soc.* 93:1-912.
- Gravena, S. 2003.** Manejo ecológico da cochonilha-branca dos citros, com ênfase no controle biológico pela joaninha *Cryptolaemus montrouzieri*. *Rev. Laranja* 24: 71-82.
- Gravena, S. 2005.** Manual prático de manejo ecológico de pragas dos citros. Jaboticabal, Gravena, 372p.
- Grazia, J., R.R. Cavichioli, V.R.S. Wolff, J.A.M. Fernandes & D. Takiya. 2012.** Hemiptera, p.347–405. In J.A. Rarafel, G.A.R. Melo, C.J.B. Carvalho, S.A. de Casari & R. Constantino (eds.), *Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia*. Ribeirão Preto, Holos, 810p.
- Guerreiro, J.C. 2004.** A importância das joaninhas no controle biológico de pragas no Brasil e no mundo. São Paulo, *Rev. cient. eletrônica de agronomia*, 3p. (Nota Técnica 5).

- Hassell, M.P. 1978.** The dynamics of arthropod predator-prey system. Princeton, Princeton University Press, 237p.
- Heidari, M. & M.J.W. Copland, 1992.** Host finding by *Cryptolaemus montrouzieri* (Col., Coccinellidae) a predator of mealybugs (Hom.: Pseudococcidae). *Entomophaga*, 37: 621-625.
- Herren, H.R. & P. Neuenschawander. 1991.** Biological control of cassava pests in Africa. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 257-283.
- Hodek, I. 1973.** Biology of *Coccinellidae*. Academic of Sciences, Prague, 260p.
- Hodek I., H.F. Van Emden & A. Honěk. 2012.** Ecology of Coccinellidae. Wiley-Blackwell, Dordrecht, 600p.
- Iperti, G. 1999.** Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74: 323-342.
- Kaydan, M.B. & P.J. Gullan. 2012.** A taxonomic revision of the mealybug genus *Ferrisia Fullaway* (Hemiptera: Pseudococcidae), with descriptions of eight new species and a new genus. *Zootaxa* 3543: 1-65.
- Kairo, M.T.K., O. Paraiso, R.D. Gautam & D.D. Peterkin. 2013.** *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Coccinellidae: *Scymninae*): a review of biology, ecology, and use in biological control with particular reference to potential impact on non-target organisms. *CAB Rev.* 8: 1-20.
- Kajita, K., F. Takano, H. Yasuda & E.W. Evans. 2006.** Interactions between introduced and native predatory ladybirds (Coleoptera; Coccinellidae): factors influencing the success of species introductions. *Ecol. Entomol.* 31: 58-67.
- Khan, M.H. & Z. Yoldaş. 2018.** Intraguild predation between two aphidophagous coccinellids, *Hippodamia variegata* (G.) and *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae): the role of prey abundance. *Biol. Control.* 126: 7-14.
- Knaak, N., A.O. Azambuja, A.P.R. Lucho, D.L. Berlitz & L.M. Fiuza, 2009.** Interações de *Bacillus thuringiensis* e o controle de fitopatógenos. *Biotecnol. Ciência & Desenvolvimento*, 38: 48-53.
- Kondo, T., P.J. Gullan & D.J. Williams. 2008.** Coccidology. The study of scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Revista Corpoica: Ciência y Tecnología Agropecuaria* 9: 55-61.
- Korschefskey, R. 1931.** Coccinellidae I. In: Junk, W. & Schenkling, S. (Eds.), *Coleopterorum Catalogus*, pars 118, W. Junk, Berlin, 1-224p.
- Kosztarab, M. 1996.** Scale Insects of Northeastern North America: Identification, Biology, and Distribution. Martinsville, Virginia Museum of Natural History, 650p.

- Lanzoni, A., G. Accinelli, G.G. Bazzocchi & G. Burgio. 2004.** Biological traits and life table of the exotic *Harmonia axyridis* compared with *Hippodamia variegata* and *Adalia bipunctata* (Coleoptera, Coccinellidae). *J. Appl. Entomol.* 128: 298-306.
- Law, Y.W. & J.A. Rosenheim. 2011.** Effects of combining an intraguilda predator with a cannibalistic intermediate predator on a species-level trophic cascade. *Ecology* 92: 333-341.
- Leonardsson, K. 1991.** Effects of cannibalism and alternative prey on population dynamics of *Saduria entomon* (Isopoda). *Ecology* 72: 1273-1285.
- Loehr, B., A.M. Varela & B. Santos. 1990.** Explorations for natural enemies of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae), in South America for the biological control of this pest introduced in Africa. *Bull. Entomol. Res.* 80: 417-425.
- Lucas, E., E. Coderre & J. Brodeur. 1998.** Intraguild predation among aphid predators: characterization and influence of extraguild prey density. *Ecology* 79: 1084-1092.
- Machado, L.C., H.J.G. Santos Junior, F.N. Celestino, L.V.R. Mauri, I.S. Kaiser. 2020.** Toxicidade de óleos minerais e vegetais no manejo de *Planococcus citri*. *Acta Ambiental Catarinense* 17: 63-72.
- Majerus M.E.N. & P.W.E. Kearns. 1989.** Ladybirds. 10, Naturalists' Handbooks Series. London, Richmond Publishing Co., 103p.
- Majerus, M.E.N. 1994.** Ladybirds. London, Harper Collins, 367p.
- Mali, A.K. & S.K. Jeevan. 2008.** Biological studies on coccinellid predator, *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. of grapevine mealy bug, *Maconellicoccus hirsutus* green. *Asian Journal of Bio Science* 3: 152-8.
- Mallampalli, N., I. Castellanos & P. Barbosa. 2002.** Evidence for intraguild predation by *Podisus maculiventris* on a ladybeetle, *Coleomegilla maculata*: Implications for biological control of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *BioControl* 47: 387-398.
- Mani, M. & A. Krishnamoorthy. 2008.** Biological suppression of the mealybugs *Planococcus citri* (Risso), *Ferrisia virgata* (Cockerell) and *Nipaecoccus viridis* (Newstead) on pummel with *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant in India. *J. Biol. Control* 22: 169-172.
- Mani, M., N.S. Kulkarni, & P.G. Adsule. 2008.** Production and Use of Australian Ladybird Beetle *Cryptolaemus montrouzieri*. National Research Centre for Grapes, 6p. (Extension Folder n. 19).
- Mani, M. & A. Krishnamoorthy. 2012.** Determination of release time of the Australian ladybird beetle, *Cryptolaemus montrouzieri* for the suppression of the Pink hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) on grapes. *Pest Manag. Hortic. Ecosys.* 18: 98-99.

- Marsaro Júnior, A.L., A.L.B.G. Peronti, A. M.Penteado-Dias, E.G.F. Morais & P.R.V.S. Pereira. 2013.** First report of *Maconellicoccus hirsutus* (Green, 1908) (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae) and the associated parasitoid *Anagyrus kamali* Moursi, 1948 (Hymenoptera: Encyrtidae), in Brazil. *Braz. J. Biol.* 73: 413-418.
- Michaud, J.P. 2002.** Invasion of the Florida citrus ecosystem by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and asymmetric competition with a native species, *Cycloneda sanguinea*. *Environ. Entomol.* 31: 827-835.
- Michaud, J.P. 2003.** A comparative study of larval cannibalism in three species of ladybird. *Ecol. Entomol.* 28: 92-101.
- Michaud, J.P. & A.K. Grant. 2005.** Suitability of pollen sources for the development and reproduction of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) under simulated drought conditions. *Biol. Control.* 32: 363-370.
- Mulsant, M.E. 1850.** Species des Coléoptères trimères sécuripalpes. *Annales des Sciences Physique et Naturelles d'Agriculture et d'Industrie*, Lyon, 1104 p.
- Nagrare, V.S., S. Kranthi, R. Kumar, B. Dhara Jothi, M. Amutha, A.J. Deshmukh, K.D. Bisane & K.R. Kranthi. 2011.** Compendium of cotton mealybugs. Central Institute for Cotton Reserarch, Nagpur, 42p. Disponível em <[http://www.cicr.org.in/pdf/compendium of cotton mealybugs.pdf](http://www.cicr.org.in/pdf/compendium_of_cotton_mealybugs.pdf)>. Acessado em agosto de 2018.
- Nur, U. 1971.** Parthenogenesis in coccids (Homoptera). *Am. Zool.* 11: 301-308.
- Obrycki, J.J., K.L. Giles & A.M. Ormord. 1998.** Interactions between an introduced and indigenous coccinellid species at different prey densities. *Oecologia* 117: 279-285.
- Oksanen, L., S.D. Fretwell, J. Arruda & P. Niemela. 1981.** Exploitation ecosystems in gradients of primary productivity. *Am. Nat.* 118:240-261.
- Oliveira, M.D., C.S.A. Silva-Torres, J.B. Torres & J.E.M. Oliveira. 2014.** Population growth and within-plant distribution of the striped mealybug *Ferrisia virgata* (Cockerell) (Hemiptera, Pseudococcidae) on cotton. *Rev. Bras. Entomol.* 58: 71-76.
- Pacheco da Silva, V.C., M. Botton, E. Prado & J.E.M. Oliveira. 2016.** Bioecologia, monitoramento e controle de cochonilhas farinhentas (Hemiptera: Pseudococcidae) na Cultura da Videira. Bento Gonçalves, Embrapa, 20p. (Circular Técnica 125).
- Pacheco da Silva, V.C., J.B. Torres, C.S.A Silva-Torres & M.B. Kaydan. 2019.** Mealybug species (Hemiptera: Cocomorpha: Pseudococcidae) on soursop and sugar apple (Annonaceae) in North-East Brazil, with description of a new species of *Pseudococcus* Westwood. *Zootaxa* (Online), 3: 525-538.
- Pang, X. & R.D. Gordon, 1986.** The Scyminini Coleoptera: Coccinellidae of China. *The Coleopterist Bulletin* 40: 157-199.

- Pantoja, A., P.A. Follet & J.A. Villanueva-Jiménez. 2002.** Pest of papaya, p131-156 In J.E. Peña, J.L. Sharp & M. Wysoki (eds.), Tropical fruit pests and pollinators. Wallingford, UK, CABI Publishing, 440p.
- Parra, J.R.P., P.S.M. Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira & J.M.S. Bento. 2002.** Controle Biológico: Terminologia, pág. 1-16. In J.R.P. Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira, J.M.S. Bento (eds.), Controle Biológico no Brasil, Parasitóides e Predadores. São Paulo, Manole, 635 p.
- Persad, A. & A. Khan. 2002.** Comparison of life table parameters for *Maconellicoccus hirsutus*, *Anagyrus kamali*, *Cryptolaemus montrouzieri* and *Scymnus coccivora*. *BioControl* 47: 137-149.
- Pervez, A., A.K. Gupta & O. Omkar. 2006.** Larval cannibalism in aphidophagous ladybirds: Influencing factors, benefits and costs. *Biol. Control*. 38: 307-313.
- Polis, G.A. 1980.** The effect of cannibalism on demography and activity of a natural population of desert Scorpions. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 7: 25-35.
- Polis, G.A. 1981.** The evolution and dynamics intraespecific predation. *Annu Rev. Ecol. and Syst.* 12: 225-251.
- Polis, G.A., C.A. Myers & R.D. Holt 1989.** The ecology and evolution of intra guild potential competitors that eat each other. *Annu. Rev. of Ecol. and Syst*, New York, 20: 297-330.
- Rickers, S. & S. Scheu. 2005.** Cannibalism in *Pardosa palustris* (Araneae, Lycosidae): effects of alternative prey, habitat structure, and density. *Basic Appl. Ecol.* 6: 471-478.
- Ridgway, R.L. & W.L. Murphy. 1984.** Biological control in the field. p. 220-228. In M. Canard, Y. Séméria & T.R. New (eds.), *Biology of Chrysopidae*, The Hague: Dr. W. Junk Publisher, 294p.
- Rocca, M., E. Rizzo, N. Greco & N. Sánchez. 2017.** Intra- and interspecific interactions between aphidophagous ladybirds: the role of prey in predator coexistence. *Entomol. Exp. Appl.* 1–9.
- Rodrigues, S.M.M., V.H.P. Bueno & M.V. Sampaio. 2003.** Tabela de vida de fertilidade de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880) (Hymenoptera, Aphidiidae) em *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera, Aphididae). *Rev. Bras. Entomol.* 47: 637-642.
- Rondelli, V.M., A.L.B.G. Peronti, J.R.M. Dias, I.L.V. Dos Santos & A.G. Nery. 2018.** New records of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) infesting rosettes of Conilon coffee plants in the state of Rondonia, South-Western Amazon, Brazil. *Fla. Entomol.* 101: 705-707.
- Rosas-García, N.M., E.P. Duran-Martinez, E.D.J. Luna-Santillana, & J.M. Villegas-Mendoza. 2009.** Predatory potential of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant towards *Planococcus citri* Risso. *Southwest. Entomol.* 34: 179-88.

- Sanches, N.F. & R. Carvalho, 2010.** Procedimentos para manejo da criação e multiplicação do predador exótico *Cryptolaemus montrouzieri*. Cruz das Almas, Embrapa mandioca e fruticultura, 5p. (Circular Técnica 99).
- Santa-Cecília, L.V.C., P.R. Reis & J.C. Souza. 2002.** Sobre a nomenclatura das espécies de cochonilhas-farinentas do cafeeiro nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Neotrop. Entomol. 31: 333-334.
- Santa-Cecília, L.V.C. & B. Souza. 2005.** Controle biológico de cochonilhas-farinentas em cultivos protegidos. Inf. Agropec. 26: 24-30.
- Santa-Cecília, L.V.C., B. Souza, J.C. Souza, E. Prado, A. Moino Junior, M.J. Fornazier & G.A. Carvalho. 2007.** Cochonilhas-farinentas em cafeeiros: bioecologia, danos e métodos de controle. Belo Horizonte, CTSM-Epamig, 40p. (Boletim Técnico 79).
- Santi, F. & S. Maini 2007.** Ladybirds mothers eating their eggs: is it cannibalism? Bull. Insect., 60: 89-91.
- Satyanarayana, M.M. & L.K. Narayana. 1986.** Biology of *Cryptolaemus montrouzieri* Mu1s. (Coleoptera: Coccinellidae), a predatory ladybird of mealybugs. Indian Grape J. 2: 40-52.
- Silva, A.G, B.H.S. Souza, N.E.L Rodrigues, D.B Bottega & A.L. Boiça Junior, 2012.** Interação tritrófica: aspectos gerais e suas implicações no manejo integrado de pragas. Nucleus 9: 35-48.
- Silva-Torres C.S.A, M.D. Oliveira & J.B. Torres. 2013.** Host selection and establishment of striped mealybug, *Ferrisia virgata*, on cotton cultivars. Phytoparasitica 41: 31-40.
- Snyder, W.E., S.B. Joseph, R.F. Preziosi & A.J. Moore. 2000.** Nutritional benefits of cannibalism for the lady beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) when prey quality is poor. Environ. Entomol. 29: 1173-1178.
- Souza, B., R.I.F. Costa, R.L. Tanque, P.S. Oliveira & F.A. Santos. 2008.** Aspectos da predação entre larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) e *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1961) (Neuroptera: Chrysopidae) em laboratório. Ciênc. Agrotec. 32: 712-716.
- Sullivan, D.J., J.A. Castillo & A.C. Bellotti. 1991.** Comparative biology of six species of coccinellid beetles (Coleoptera: Coccinellidae) predaceous on the mealybug, *Phenacoccus herreni* (Homoptera: Pseudococcidae), a pest on cassava in Colombia, South America. Environ. Entomol. 20: 685-689.
- Takizawa, T. & W. Snyder, 2011.** Cannibalism and intraguild predation of eggs within a diverse predator assemblage. Environ. Entomol. 40: 8-14.

- Tapajós, S.J., R. Lira, C.S.A. Silva-Torres, J.B. Torres & R.L.C. Coitinho. 2016.** Suitability of two exotic mealybug species as prey to indigenous lacewing species. *Biol. Control.* 96: 93–100.
- Torres, F. & R. Marcano. 2007.** Effect of temperature on the development of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) using as prey *Maconellicoccus hirsutus* Green (Hemiptera: Pseudococcidae). *Entomotropica* 22: 17-25.
- Torres, J.B., C.S. Bastos & D. Pratisoli. 2009.** Controle biológico de pragas com uso de insetos predadores. *Inf. Agropec.* 30: 17-32.
- Torres, J.B., M.D. Oliveira & M.S. Lima. 2011.** Cochonilhas farinhentas: potenciais problemas para o algodão brasileiro. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 6p. (Informativo REDALGO 2005).
- Túler, A.C. 2017.** Poligamia e o desempenho reprodutivo de *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae). Dissertação de Mestrado, UFRPE, Recife, PE, 77p.
- Vandenberg, N.J. 2002.** Family 93. Coccinellidae Latreille 1807, p. 371-389 In R.H. Arnett Jr, M.C. Thomas, P.E. Skelley, J.H. Frank (eds.), *American Beetles. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea.* Florida, CRC Press LLC, Boca Raton, 836p.
- Van den Bosch, R., P.S. Messenger & A.P. Gutierrez. 1982.** An introduction to biological control. New York, Plenum Press, 247p.
- Xu, X. & A. Enkegaard. 2009.** Prey preference of *Orius sauteri* between Western flower thrips and spider mites. *Entomol. Experimentalis et Applicata*, 132: 93-98.
- Wang, Y., H. Wu, S. Wang & W. Shi. 2018.** Dynamics of Intraguild Predation Systems with Intraspecific Competition. *Bull. Math. Biol.* 80: 2408-2434.
- Waterworth, R.A. & J.G. Millar. 2012.** Reproductive biology of *Pseudococcus maritimus* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Hortic. Entomol.* 5: 949-956.
- Wu, H., Y. Zhang, P. Liu, J. Xie, Y. He, C. Deng, P. De Clercq & H. Pang. 2014.** *Cryptolaemus montrouzieri* as a predator of the striped mealybug, *Ferrisia virgata*, reared on two hosts. *J. Appl. Entomol.* 138: 662–669.

CAPÍTULO 2

Cannibalism and intraguild predation between two coccidophagous lady beetles

CM Oliveira ¹, CSA Silva-Torres ¹, JB Torres ¹, N De La Pava ¹

¹ Departamento de Agronomia, Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife,
Pernambuco, Brasil

CM Oliveira ¹, CSA Silva-Torres ¹, JB Torres ¹, N De La Pava, Cannibalism and intraguild predation between two coccidophagous lady beetles. Submetido na Neotropical Entomology.

ABSTRACT – The Chilocerini lady beetles *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) (*Tn*) and *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (*Cm*) are important biological control agents being able to share their habitat and compete for their preferred prey, mealybugs. Whereas *Tn* is native to South America, *Cm* was introduced in Brazil in a biological control program of mealybugs. This work investigated the cannibalism and intraguild predation between these species in the absence of prey. To test for intraguild predation, one individual larva (LI-LIV) from each species was confined for 24 h with another larva of the same instar or one instar older, in a total of 10 combinations. In addition, we measured predation of *Tn* adults upon eggs, larvae, pre-pupae and pupa of *Cm*, and vice-versa. Cannibalism within the species was also tested across adults, larvae, and eggs. Results showed asymmetric interactions in favor of *Cm*, which acted as intraguild predator in more than 80% of times when paired with larvae of *Tn* either of the same or different instar. In addition, *Cm* adults preyed more upon larvae and eggs of *Tn* than the contrary. There was no intraguild predation upon pre-pupae and pupae. Cannibalism was high upon eggs and first instar larvae of *Tn* (89.5 and 65%) and *Cm* (100 and 55%), respectively. Therefore, the exotic *Cm* surpassed the native *Tn* and could become a threat to this latter species in areas of simultaneous occurrence and under prey scarcity. Thus, the interactions between these lady beetles could affect the success of biological control of mealybugs.

Keywords: Biological control, *Tenuisvalvae notata*, *Cryptolaemus montrouzieri*, predator interaction, mealybug destroyer

Introduction

The basic principle that guides classical biological control of insects is the introduction of an exotic natural enemy species to control an exotic pest. In this context, adaptation to climatic conditions in the new habitat, the predation/parasitism potential, and specificity are important aspects regarding the selection of natural enemies (Van Lenteren *et al* 2003). Thus, increasing the chance of success for biological control programs.

Another important aspect to be considered before the introduction of an exotic species in a new area is the potential interactions with native species sharing the same habitat and prey target (Elliott *et al* 1996, Kenis *et al* 2009). After the introduction, exotic natural enemies could cause a decline in biodiversity and inadvertently release pest species from the suppressive effects of native natural enemies (Pimentel *et al* 2000). Also, it could lead to the displacement of native species. For instance, the introduction of the lady beetle *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) in North America caused the reduction in the populations of three indigenous lady beetle species in various crops (Wheeler & Hoebeke 1995, Elliott *et al* 1996), similarly as occurred with the population of two other lady beetle species after the introduction of the multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis* (Pallas) in southwest Michigan State (Colunga-Garcia & Gage 1998). In addition, Obrycki *et al* (1998 a, b) showed that the competition between the exotic species *C. septempunctata* and the indigenous species *Coleomegilla maculata* DeGeer was in favor of the exotic species, especially under prey scarcity. Therefore, with the reduction of indigenous lady beetle species in the environment one could have an outburst of pests before kept under suppression by those indigenous natural enemies.

Intraguild predation can result as lady beetle compete for prey in the same environment, especially when the preferred prey is limited and the exotic lady beetle species attacks the

indigenous species. Moreover, intraguild predation is defined as the predation between two species that share the same resource and have the potential to prey upon each other (Polis *et al* 1989, Crowder & Snyder 2010). However, the result of this interaction could be asymmetric when one predator species preys consistently upon the other or symmetric when both predator species could prey upon each other with the same frequency (Polis *et al* 1989, Katsanis *et al* 2013). Moreover, intraguild predation could affect non-target organisms, when exotic predators are more generalists, leading to a severe decline or even extinction of native species. This is the case of *H. axyridis*, which is a strong intraguild predator (Dixon 2000, Burgio *et al* 2002, Castro *et al* 2011, Crookes *et al* 2019), and other exotic species which were introduced aiming at biological control of pests and resulted in negative effects for native (Hokkanen & Pimentel 1984, 1989) and non-target species (Louda 1998, Boettner *et al* 2000, Follett *et al* 2000).

Among the lady beetle species in Brazil that prey upon mealybugs, there is *Tenuisvalvae notata* Mulsant, which is native to South America (Dreyer *et al* 1997). It was recorded in the semi-arid region of Pernambuco State on cotton plants infested with the mealybugs *Ferrisia dasyliirii* Cockrell and *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) (Barbosa *et al* 2014). Also, the exotic lady beetle species *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant was introduced in Brazil to control *Planococcus citri* Risso in citrus orchards (Sanches & Carvalho 2010) and more recently used to control the hibiscus mealybug *Maconellicoccus hirsutus* Green (Culik *et al* 2013, Lima & Santos 2018). Based on the thermal requirements of *T. notata* and *C. montrouzieri*, and the climatic conditions in different regions of Brazil, both species could occur in the same places (Ferreira 2019); hence, they could compete for resources.

Therefore, this study aimed to investigate the interactions of cannibalism and intraguild predation between *T. notata* and *C. montrouzieri* under prey scarcity. It was expected that if prey

availability is variable in the environment, then under prey scarcity there could be antagonistic interactions between *C. montrouzieri* and *T. notata*.

Material and Methods

Prey

The mealybug *F. dasyliirii* was first collected from cotton plants in the experimental area of the Agronomy Department at Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) (8°01'05" S, 34°56'42" W), and has been maintained in the laboratory for about seven years (Barbosa *et al* 2014). The mealybug colony is kept on pumpkins var. "Jacarezinho" obtained periodically from the local market (CEASA-PE), following the methodology described in Sanches & Carvalho (2010). In short, after the pumpkins were washed with soap and dry, they were put into Plexiglass™ cages measuring 40 × 25 × 20cm (L×H×W), with lateral openings covered with a fine mesh to allow ventilation, lined on the bottom with a paper towel and infested on the peduncle with gravid mealybug females. The colony was maintained under the temperature of 25 ± 2 °C, 60 ± 10% relative humidity and 12:12h (L:D) photoperiod.

Lady beetles

Adults of *T. notata* were collected from cotton plants infested with *P. solenopsis* Tinsley and *F. dasyliirii* in Surubim County, Pernambuco (PE) State (07°49'59" S, 35°45'17" W). The colony of *C. montrouzieri* was established from individuals originated from a laboratory colony kept at EMBRAPA Semiárid, Petrolina, PE.

Adults of *C. montrouzieri* and *T. notata* were raised under the same conditions as the mealybug prey, in the laboratory. Each ladybug species was kept in Plexiglass™ cages, lined on the bottom with a paper towel, and containing a pumpkin infested with *F. dasyliirii* as prey. After emergence, adults were paired for mating, and the eggs were collected and transferred to Petri dishes (6 cm diam). After eclosion, larvae were single reared in small dishes (3.5 cm diam) and fed daily with mealybugs *ad libitum*. Development was followed daily and each instar was monitored for ecdysis under stereomicroscope observation (Motic / SMZ-168).

Interaction between Tenuisvalvae notata and Cryptolaemus montrouzieri under prey scarcity

In this test, 24h-old larvae (LI-LIV instar) of both lady beetle species were used. Except for first instar larvae, the other instars tested were starved for 12h prior to the tests to stimulate feeding. Next, to investigate the interspecific interaction, larvae of each species were paired in Petri dishes in a total of 10 treatments/combinations as follows: *T. notata* vs. *C. montrouzieri* larva of the same instar (LI-LI / LII-LII / LIII-LIII / LIV-LIV); *T. notata* younger larva vs. *C. montrouzieri* older larva (LI-LII / LII-LIII / LIII-LIV); and *C. montrouzieri* younger larva vs. *T. notata* older larva (LI-LII / LII-LIII / LIII-LIV), 20 replicates each.

It was also determined the intraspecific interaction between larvae of the same species and instar, following the same methodology previously described. In the cannibalism test we had 8 treatments with 20 replications each. After one, two, six, eight, 12, and 24h after pairing, the number of individuals alive was recorded, and the proportion of cannibalism and intraguild predation was determined. After this evaluation, all the larvae alive remaining was fed with mealybugs and their survival monitored until instar change due to possible injuries caused by the prior interaction with the other species. It was considered that larvae died from starvation when its

body was intact, with no evidence of predation or injuries caused by the competing species following Phoofolo & Obrycki (1998).

Effect of Intraguild Predation and Cannibalism on Tenuisvalvae notata and Cryptolaemus montrouzieri

Adults and larvae (LI-LIV instar) of both lady beetle species were starved for 12h before the tests, as previously described, except for the first instar. Next, one individual either adult or larva of each species was placed in a Petri dish (6.0 cm diam) with eggs (0-3 days old), larvae (< 24h old), pre-pupae, or pupae in the following combinations: i) Predation upon eggs – a) one larva (*T. notata*/*C. montrouzieri*) (I, II, III or IV instar) x 10 eggs of the same species; b) one adult (*T. notata*/*C. montrouzieri*) (male/female) x 10 eggs of the same species; c) one *C. montrouzieri* larva (I, II, III or IV instar) x 10 eggs of *T. notata*; d) one adult *C. montrouzieri* (male/female) x 10 eggs of *Tn*; e) one *T. notata* larva (I, II, III or IV instar) x 10 eggs of *C. montrouzieri*; f) one adult *T. notata* (male/female) x 10 eggs of *C. montrouzieri*; ii) Predation upon larvae, pre-pupae, and pupae – g) one adult *C. montrouzieri* (male/female) x 10 larvae *Tn* (either I, II, III or IV instar at a time); h) one adult *C. montrouzieri* (male/female) x 10 pre-pupae *T. notata*; i) one adult *C. montrouzieri* (male/female) x 10 pupae *T. notata*, and vice-versa with *T. notata* preying upon larvae, pre-pupae, and pupae of *C. montrouzieri* for treatments g-i. Therefore, we had a total of 48 treatments each one with 20 replicates. The percentage cannibalism or intraguild predation upon eggs, larvae, pre-pupae and pupae was measured after one, six, eight, 12 and 24h of pairing.

The predation bioassays described (2.3 and 2.4) were conducted in the Insect Behavior Laboratory at the UFRPE, under the temperature of 25 ± 2 °C, $60 \pm 10\%$ relative humidity and 12:12h (L:D) photoperiod.

Statistical Analysis

To test whether predation symmetry differ from 50% between lady beetle species, data from the intraguild predation test among larvae (LI-LIV instar) of *T. notata* and *C. montrouzieri* were subjected to qui-square (χ^2) test with 0.05 significance levels through the PROC FREQ test of SAS (SAS Institute 2001). Further, to determine whether or not there was cannibalism and intraguild predation between adults and larvae of each lady beetle species upon eggs, larvae, pre-pupae and pupae, the data were tested for normality and homogeneity of variance, and data were subjected to the analyses of variance with repeated measures (ANOVARM), considering the different age combinations as treatment and the evaluation times (one, six, eight, 12 and 24h) as repeated measures through the PROC GLM of SAS with $\alpha = 0.05\%$ (SAS Institute, 2001).

In addition, to determine if there was an effect of prey age (eggs and larvae of the lady beetles) and predator sex on the consumption rate of the lady beetle adults, data of prey consumed in 24 hours were subjected to General Linear Model (GLM) analysis with error Binomial (*C. montrouzieri*) or QuasiBinomial (*T. notata*) distribution (link= log) using the statistical program R (R Development Core Team 2020). Analyses were based on 100 independent observations for each ladybeetle species. Based on the parsimony principle, the significance of variables and their interaction were obtained comparing the most complex with simpler models according to Crawley (2012). When simplification of models did not result in statistical significance, we accepted the simple models. Next, we submitted the adjusted model to the analysis of residues to test for model adequacy and error distribution normality. For all tests, we considered $\alpha = 0.05$ for statistical significance.

Results

Interaction between Tenuisvalvae notata and Cryptolaemus montrouzieri under prey scarcity

Intraguild predation was observed among all larval instars for both studied species. Besides, asymmetric interaction in favor of *C. montrouzieri* was observed, which was the intraguild predator in more than 80% of the cases when paired with *T. notata* larvae of the same or different instars (Fig 1). Moreover, *C. montrouzieri* larval instar did not affect the intraguild predation, which happened regardless *T. notata* larval instars (Fig 1).

For the intraspecific interaction, there was a higher cannibalism rate (65%) between first instar *T. notata* larvae ($\chi_1^2 = 17.21$; $P < 0.0001$), followed also by first instar *C. montrouzieri* larvae (55%) ($\chi_1^2 = 10.68$; $P = 0.0011$), and between second instar larvae (20%) ($\chi_1^2 = 9.75$; $P = 0.0018$) (Table 1, Fig 2). For older larval instars (LIII-LIV) cannibalism rate was less than 8% for both species.

Effect of Intraguild Predation and Cannibalism on Tenuisvalvae notata and Cryptolaemus montrouzieri

Lady beetle eggs were consumed by larvae and adults from both tested species (Figs 3, 4 & 5). Also, *C. montrouzieri* larvae and adults exhibited greater predation rate upon the eggs irrespective of lady beetle species (Figs 4a-d & 5c-d).

Egg predation increased significantly with larval instar and time of exposition (Figs 3a-d & 4a-d). After 24h of egg exposition, *T. notata* larvae (LI-LIV) preyed upon the eggs of *C. montrouzieri*, and this consumption increased with aging of the larvae varying from 22 to 50%.

Similarly, *C. montrouzieri* larvae (LI-LIV) also preyed upon eggs of *T. notata* varying from 47.5 to 100% (Figs 3a-d & 4a-d), and predation rate increased with the time of exposure.

Egg cannibalism by larvae (LI-LIV) varied from 21 to 89.5% and from 38 to 100% for *T. notata* and *C. montrouzieri*, respectively, with a significant effect as function of larval instar, especially for *C. montrouzieri* (Figs 3a-d & 4a-d). There was no difference in the rate of egg cannibalism by adult males and females after 24h of exposure, regardless of the lady beetle species (Figs 5a-c). However, *C. montrouzieri* adults attacked more than 95% of their eggs after 24h exposure ($F_{1,19} = 0.22$; $P = 0.6440$), whereas *T. notata* adults preyed less than 82% ($F_{1,19} = 2.20$; $P = 0.1540$).

Intraguild predation of eggs by adults was also high, especially for *C. montrouzieri* upon eggs of *T. notata*, with no difference between sexes in either species *T. notata* ($F_{1,38} = 0.2209$; $P = 0.641$) and *C. montrouzieri* ($\chi^2_{1,38} = 4.9152e-10$; $P = 1$). In addition, *C. montrouzieri* adults showed more than 90% consumption of *T. notata* eggs after one hour of exposure (Fig 5d).

Overall, the intraguild predation of *T. notata* adults upon *C. montrouzieri* larvae increased with the exposure time (Fig 6), but decreased significantly with larval instar ($F_{4,195} = 118.41$; $P < 0.001$). Also, results of intraguild predation of *T. notata* adults upon *C. montrouzieri* larvae (LI-LIV) showed that there was no effect of predator sex on percentage larvae consumed after 24h exposure ($F_{1,195} = 3.71$; $P = 0.055$) (Fig 6a-d). In addition, *T. notata* male and female did not prey upon *C. montrouzieri* fourth instar larvae.

Similarly, intraguild predation of *C. montrouzieri* upon *T. notata* larvae increased with time exposure (Fig 7), and decreased with larval instar ($\chi^2_{4,195} = 182.85$; $P < 0.001$). However, there was a significant difference between the predation rate of *C. montrouzieri* male and females upon *T. notata* larvae, LII ($F_{1,19} = 6.66$; $P = 0.0183$), and LIII ($F_{1,19} = 12.04$; $P = 0.0026$) (Figs 7b & c), with no predation upon fourth instar larvae by either sex (Fig 7d).

However, there was a significant difference between the predation rate of *C. montrouzieri* male and females upon *T. notata* larvae, LII ($\chi^2_{1;38} = 42.85$; $P < 0.001$), and LIII ($\chi^2_{1;38} = 89.38$; $P < 0.001$) (Figs 7b and c), with almost no predation upon fourth instar larvae by either sex ($\chi^2_{1;38} = 15.48$; $P = 0.55$) (Fig 7d).

Adults of *C. montrouzieri* showed higher intraguild predation upon larvae of *T. notata*, with 100% predation upon LI after 24h of exposure, whereas the maximum predation rate of adults *T. notata* upon larvae of *C. montrouzieri* was 54.5%. Moreover, pupae were not attacked by adults of either species.

Discussion

Cannibalism and intraguild predation have been considered negative interactions within and among species. However, it is worth mentioning that depending on the outcome of those interactions they could be considered as keystone factors in communities. For instance, to maintain the populations of predators in balance in the same environment under prey scarcity; hence, their effect could benefit the biological control for keeping the energy flow in the food web (Ruberson *et al* 1986, Schausberger & Croft 2000, Arim & Marquet 2004). Mainly happens because cannibalism could favor nutritionally the perpetuation of the older and healthier individuals within one species population, and the intraguild predation could make the most abundant predator species as intraguild prey when the preferential extraguild prey is rare or absent in the area.

The investigated interactions between *C. montrouzieri* and *T. notata* showed that the former species was favored, acting as an intraguild predator when paired with larvae (younger or the same age) and eggs of the native species *T. notata* when the preferred prey is absent. In addition, cannibalism was intense upon eggs and first instar of either species, *C. montrouzieri* and *T. notata*.

Moreover, adults and larvae (LI-LIV) preyed upon eggs of conspecifics in the absence of other prey. Eggs are rich in nutrients such as proteins, besides being easy to manipulate and consume due lacking of behavioral resistance such as escaping in comparison to other developmental stages (Gagné *et al* 2002, Tavares *et al* 2013). This corroborates with the fact that cannibalism is a common behavior among predatory coccinellids (Agarwala & Dixon 1992). In the field, lady beetle adults and older larvae prey upon eggs, younger or same instar larvae, pre-pupae, and pupae of conspecifics (Khan & Yoldas 2018).

Cannibalism was also common between larvae of the same instar (LI-LIV) in both lady beetle species. This was more intense in *T. notata*, in special for younger larvae. Younger *T. notata* larvae are more vulnerable since they lack (LI) or produce less (LII) body wax that covers the body compared to older larvae and pupae. The lack of wax over the body of first instar larvae may facilitate cannibalism by older larvae and adults *T. notata*. On the other hand, all larval instars of *C. montrouzieri* produce wax to cover their body, and the amount of wax increases with age. The wax coat protects the insect body and is important for defense (Gkounti *et al* 2015). The wax makes it difficult for the predator to manipulate the prey items, similar to what happens with mealybugs. When the predator attacks a wax-covered prey, the wax coat sticks on the moth parts of the predator, which can make it to refuse or reduce predation upon those kinds of prey (Bonani *et al* 2009, Tapajós *et al* 2016). Khan & Yoldaş (2018) found that *Hippodamia variegata* (Goeze), which does not produce a wax coat, cannibalism increased between older larvae of the same age in the absence of the preferred prey item. Thus, supporting the hypothesis that for the species studied here, *T. notata* and *C. montrouzieri*, the wax coat was an important factor protecting the body of older larvae, since the cannibalism rate decreased, as larvae got older. Therefore, when the preferential prey is not abundant, the lady beetles will prey upon their eggs and younger larvae to survive in the habitat. On the other hand, when the preferential prey is abundant, cannibalism is

reduced causing an auto-regulation of the predator population in the habitat, and this may affect the effectiveness of biological control in the same habitat (Aleosfoor *et al* 2014, Khan & Yoldaş 2018).

Regarding the interspecific interaction, there was intraguild predation between the larvae of both studied lady beetles species. Also, there was intraguild predation by adults upon larvae of the competitor, with a clear reduction in predation as larvae got older. In this scenario, larvae of *C. montrouzieri* were always in the advantage of acting as the intraguild predator upon *T. notata* of the same age or younger. The high rate of intraguild predation, in favor of *C. montrouzieri*, between larvae of the same instar could be related to the amount of wax coat and size of the larvae. Besides lacking the wax coat protection, younger *T. notata* larvae are smaller than *C. montrouzieri* larvae of the same instar, and those factors confer an advantage to the exotic lady beetle species. Similarly, other studies showed that when intraguild predation occurred, larger individuals usually win the battles (Lucas *et al* 1998, Félix & Soares 2004, Rocca *et al* 2017). In addition, the body size is often mentioned as one of the most important factors affecting the result of intraguild predation in Coccinellidae (Félix & Soares 2004, Katsanis *et al* 2013, Kundoo & Khan 2017). In general, smaller individuals are the intraguild prey between coccinellids (Rondoni *et al* 2012). Ware & Majerus (2008) evaluated the intraguild predation between larvae of the same instar of *H. axyridis* and 12 other coccinellid species. In that study they found that *H. axyridis* was the intraguild predator in most of the cases, except when paired with *Anatis ocellata* (L.), which larvae are larger than *H. axyridis* and have dorsal spines, so they were less attacked upon the competitor and *H. axyridis* became the intraguild prey in this case.

Intraguild predation was also common upon eggs of both lady beetle species. Asymmetries were also in favor of *C. montrouzieri*, in which adults and larvae consumed more eggs of *T. notata* than the other way around. In fact, *C. montrouzieri* adults consumed 100% of *T. notata* eggs, and larva *C. montrouzieri* (LII-LIV) also consumed more than 80% of *T. notata* eggs in within 24h of

exposure. On the other hand, *T. notata* adults and LIV predation upon *C. montrouzieri* eggs was about 50%. This could be related to some kind of chemical protection present on the eggs of *C. montrouzieri* (Brown & Moore 1982), so they were less consumed by *T. notata*. Similarly, Gkounti *et al* (2015) found that *C. montrouzieri* adults consumed promptly the eggs of *Nephus includens* Kirsch, but this latter attacked fewer eggs of *C. montrouzieri*. This also occurred with *H. axyridis* after introduction in the United States, which consumed high numbers of eggs of two native species, *Olla v-nigrum* (Mulsant) and *C. maculata*, but the contrary did not occur. The authors also mentioned that the lower predation upon the eggs of *H. axyridis* was related to alkaloids, which protected the eggs from predators. Daloz *et al* (1995) suggested that alkaloids confer chemical protection to all developmental stages of coccinellids, in which females can transfer those compounds to the eggs. In *Adalia bipunctata* L., the alkaloid adaline was detected on all developmental stages of this species (Lognay *et al* 1996). It is not known whether there are alkaloids on the eggs of *C. montrouzieri* or *T. notata*, but Brown & Moore (1982) found such chemicals (e.g. eufococcine and piperidine) in *C. montrouzieri* adults and larvae.

The lady beetle species used in the current study are native (*T. notata*) and exotic (*C. montrouzieri*) to South America. In the tests performed in our study, the latter was a better predator than the native one. In this context, other studies showed that exotic coccinellid species often prey upon the young of indigenous species trying to survive and reduce the competition in the new habitat (Pell *et al* 2008, Kenis *et al* 2016). It is important to remember that even though there is some intraguild predation between the lady beetles, the eggs of many coccinellids are protected by defensive alkaloids and other chemical compounds specific of each species as previously mentioned (Ware *et al* 2008, Katsanis *et al* 2013, Khan & Yoldas 2018, Castro-Guedes *et al* 2020). This indicates that lady beetle egg predation is ubiquitous in the environment, hence, driving evolution for egg defense. These chemicals make the eggs unpalatable (Cottrell 2004, Sato &

Dixon 2004). These compounds, and can also be found in older life stages of coccinellids (Pasteels *et al* 1973, Hemptinne & Dixon 2000). On the other hand, the alkaloids that work as a defense against intraguild predation might work as an attractive to conspecific individuals, which are not affected by those compounds resulting in cannibalism (Omkar *et al* 2004, Kajita *et al* 2010, Paul *et al* 2018).

Regarding chemical protection in lady beetles, studies have shown that they can sequester toxic compounds from plants through feeding on pollen as well as through prey (e.g mealybugs and aphids). These toxic compounds are stored and used against their natural enemies and competitors (Daloze *et al* 1995, Pasteels 2007). Indeed, many coccinellids have aposematic coloration, a visual signal to warn predators that those species are inedible (King & Meinwald 1996). In our study, *T. notata* adults have dull coloration with light yellow eggs, but *C. montrouzieri* adults are brown to reddish color and their eggs are bright yellow in comparison to *T. notata* ones. This might be related to chemical defenses in eggs the exotic species, and may be addressed in further research.

Other intraguild predation studies with *C. montrouzieri* also showed that larvae and adults of this species act as the intraguild predator. Gkounti *et al* (2015) found strong intraguild predation of *C. montrouzieri* upon larvae and pupae of *N. includens*. Chong & Oetting (2007) found a reduction from 13 to 6% in parasitism of *P. citri* by *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae) when *C. montrouzieri* was present in the same habitat. Similarly, Dinesh & Venkatesha (2014) found that *C. montrouzieri* preyed upon larvae of *Spalgis epius* (Lepidoptera: Lycaenidae), and suggested that they should be used in biological control only when prey density is high. Thus, the action of exotic lady beetles species on indigenous species can be negative, reducing the population of the latter or even causing the displacement of them as a result of intraguild predation and competition when the preferred preys are absent in the area.

Interestingly, when we looked at the intraguild predation upon pre-pupae and pupae of either studied species, there was no predation by adults, even though these life stages are sessile. Previous studies suggested that pre-pupae and pupae of coccinellids use different defense mechanisms against predators such as behavioral, chemical, and physical protection making them less susceptible to predation (Majerus *et al* 2007, Pell *et al* 2008). For instance, Majerus *et al* (2007) showed that pre-pupae and pupae of coccinellids display a pupal flicking behavior in response to tactile stimuli, raising the terminal portion of their abdomen. Also, some species such as *T. notata* and *C. montrouzieri* produce wax filaments to cover the body of larvae, pre-pupae, and pupae, working as a physical and chemical defense against predators. Furthermore, some species show reflexive bleeding behavior, releasing an unpalatable fluid and distressful odor when attacked. Thus, for the species we tested, the avoidance in intraguild predation upon pre-pupae and pupae is possibly related to the presence of wax filaments and reflexive bleeding, but not to pupal flicking, since this behavior was not observed in our trials. Further studies are underway to identify the chemical composition of the wax filaments in *T. notata* and *C. montrouzieri*, its relation to the prey species they feed on, and their predatory capacity upon those prey species.

We found that under prey scarcity, the lady beetles can have negative interactions with conspecific individuals, resulting in cannibalism upon eggs and younger larvae. Besides, there could be intraguild predation between species, predominantly by the exotic *C. montrouzieri* upon the indigenous *T. notata* species. In this case, there is an asymmetric interaction in favor of *C. montrouzieri*, which can become a threat to native species in habitats where they mutually occur and the preferred prey is not enough to feed both predator species *ad libitum*. Prior to this work, our research group has investigated the thermal requirements and predation potential of *T. notata* (Ferreira *et al* 2020) and used the CLIMEX model to estimate the global geographic distribution of *T. notata* and *C. montrouzieri* (Ferreira 2019) based on climatic conditions and thermal

requirements of both predators. We found that both studied species could occur in tropical and subtropical areas, in the same habitat, and prey upon the same prey. Nevertheless, based on the present study we found that if the prey is not abundant *C. montrouzieri* wins the competition with *T. notata* and has a negative impact on its population under laboratory sets. This is the first report to show these interactions between *C. montrouzieri* and *T. notata*; hence, it is essential to preview the possible success or failure for the biological control of mealybugs where both of these lady beetle species occur simultaneously.

Acknowledgments

The authors would like to thank Dr. Robert C. Venette from the USDA, which read and edited an earlier version of this manuscript. The present work was financed by the “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)” – Finance Code 001 with grant to CMO through CAPES/PROEX.

Author contribution

Christian S. A. Silva-Torres: Supervision, Conceptualization, Writing -review & editing. Cynara Moura de Oliveira: Methodology, Data curation. Nataly De la Pava: Methodology, Data curation. Jorge B. Torres: Software, Writing-review & editing.

Conflict of Interest Statement

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

Agarwala BK, Dixon AFG (1992) Laboratory study of cannibalism and interspecific predation in ladybirds. *Ecol Entomol* 17(4):303–309. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1992.tb01062.x>

Aleosfoor M, Mortazavi N, Poorkashkooli M (2014) Comparison cannibalistic behavior between two ladybirds, *Coccinella septempunctata* L. and *Hippodamia variegata* (Goeze) under laboratory experiments. *Mun Ent Zool* 9:645–650

Arim M, Marquet PA (2004) Intraguild predation: A widespread interaction related to species biology. *Ecol Lett* 7: 557–564. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00613.x>

Barbosa PRR, Oliveira MD, Giorgi JA, Silva-Torres CSA, Torres JB (2014) Predatory behavior and life history of *Tenuisvalvae notata* (Coleoptera: Coccinellidae) under variable prey availability conditions. *Fla Entomol* 97(3):1026–1034. <https://doi.org/10.1653/024.097.0304>

Boettner GH, Elkinton JS, Boettner CJ (2000) Effects of a biological control introduction on three nontarget native species of saturniid moths. *Conserv Biol* 14(6):1798–1806. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99193.x>

Bonani JP, Souza B, Santa-Cecília LVC, Correa LRB (2009) Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) e *Toxoptera citricida* (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae). *Cienc e Agrotecnologia* 33(1):31–38. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542009000100004>

Brown VW, Moore BP, (1982) The defensive alkaloids of *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae). *Aust J Chem* 35:1255–1261. <https://doi.org/10.1071/CH9821255>

Burgio G, Santi F, Maini S, (2002) On intra-guild predation and cannibalism in *Harmonia axyridis* (Pallas) and *Adalia bipunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol Control* 24: 110–116.

[https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(02\)00023-3](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(02)00023-3)

Castro CF, Almeida LM, Penteadó SRC (2011) The impact of temperature on biological aspects and life table of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) Fla Entomol 94(4):923–932. <https://doi.org/10.1653/024.094.0429>

Castro-Guedes CF, Almeida LM, Moura MO (2020) Asymmetric intraguild predation of *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) on a native Coccinellidae guild. Rev Bras Entomol 64(1):1–7. <https://doi.org/10.1590/1806-9665-RBENT-2019-69>

Chong JH, Oetting RD (2007) Intraguild predation and interference by the mealybug predator *Cryptolaemus montrouzieri* on the parasitoid *Leptomastix dactylopii*. Biocontrol Sci Technol 17(9):933–944. <https://doi.org/10.1080/09583150701596305>

Colunga-García M, Gage SH (1998) Arrival, establishment, and habitat use of the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in a Michigan landscape. Environ Entomol 27(6):1574–1580. <https://doi.org/10.1093/ee/27.6.1574>

Cottrell TE (2004) Suitability of exotic and native lady beetle eggs (Coleoptera: Coccinellidae) for development of lady beetle larvae. Biol Control 31(3):362–371. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.06.004>

Crawley MJ (2012) The R book. New York, NY: John Wiley & Sons Ltd

Crookes S, DeRoy EM, Dick JTA, MacIsaac HJ (2019) Comparative functional responses of introduced and native ladybird beetles track ecological impact through predation and competition. Biol Invasions 21:519–529. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1843-8>

Crowder DW, Snyder WE (2010) Eating their way to the top? Mechanisms underlying the success of invasive insect generalist predators. Biol Invasions 12:2857–2876.

<https://doi.org/10.1007/s10530-010-9733-8>

Culik MP, Martins, DS, Junior JSZ., Fornazier MJ, Ventura JA, Peronti ALBG, Zanuncio JC (2013) The invasive hibiscus mealybug *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae) and its recent range expansion in Brazil. *Fla Entomol* 96:638–640

Daloze D, Braekman JC, Pasteels JM (1995) Ladybird defence alkaloids: Structural, chemotaxonomic and biosynthetic aspects (Col.: Coccinellidae). *Chemoecology* 6:173–183. <https://doi.org/10.1007/BF01240602>

Dinesh AS, Venkatesha MG (2014) Inter- and intraspecific interactions in two mealybug predators *Spalgis epius* and *Cryptolaemus montrouzieri* in the presence and absence of prey. *Bull Entomol Res* 104: 48–55. <https://doi.org/10.1017/S0007485313000485>

Dixon AFG (2000) Insect predator–prey dynamics: ladybird beetles and biological control, First. ed. Cambridge University Press, New York, p 268

Dreyer BS, Neuenschwander P, Baumgärtner J, (Dorn S 1997) Trophic influences on survival, development and reproduction of *Hyperaspis notata* (Col., Coccinellidae). *J Appl Entomol* 121:249–256. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1997.tb01401.x>

Elliott N, Kieckhefer R, Kauffman W (1996) Effects of an invading coccinellid on native coccinellids in an agricultural landscape. *Oecologia* 105:537–544. <https://doi.org/10.1007/BF00330017>

Félix S, Soares AO (2004) Intraguild predation between the aphidophagous ladybird beetles *Harmonia axyridis* and *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae): The role of body weight. *Eur J Entomol* 101: 237–242. <https://doi.org/10.14411/eje.2004.032>

Ferreira LF (2019) Resposta biológica e de predação de *Tenuisvalvae notata* (Mulsant)

(Coleoptera: Coccinellidae) sob diferentes temperaturas e presas e uso do Climex para prever sua distribuição geográfica. Dissertação. Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ferreira LF, Silva-Torres CSA, Venette RC, Torres JB (2020) Temperature and prey assessment on the performance of the mealybug predator *Tenuisvalvae notata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Austral Entomol* 59:178–188. <https://doi.org/10.1111/aen.12438>

Follett PA, Duan J, Messing RH, Jones VP (2000) Parasitoid drift after biological control introductions: re-examining Pandora's box. *Am Entomol* 46:82–94.

Gagné I, Coderre D, Mauffette Y (2002) Egg cannibalism by *Coleomegilla maculata lengi* neonates: Preference even in the presence of essential prey. *Ecol Entomol* 27(3):285–291. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2002.00412.x>

Gkounti VT, Savopoulou-Soultani M, Milonas PG (2015) Intra- and interspecific interactions between *Nephus includens* and *Cryptolaemus montrouzieri*. *J Appl Entomol* 139(9):647–653. <https://doi.org/10.1111/jen.12208>

Hemptinne JL, Dixon AFG (2000) Defence, oviposition and sex: Semiochemical parsimony in two species of ladybird beetles (Coleoptera, Coccinellidae)? A short review. *Eur J Entomol* 97(4):443–447. <https://doi.org/10.14411/eje.2000.068>

Hokkanen H, Pimentel D (1984) New approach for selecting biological control agents. *Can Entomol* 116:1109–1121

Hokkanen HMT, Pimentel D, (1989) New associations in biological control: theory and practice. *Can Entomol* 121(10):829–840. <https://doi.org/10.4039/Ent119605-7>

Kajita Y, Obrycki JJ, Sloggett JJ, Haynes KF (2010) Intraspecific alkaloid variation in ladybird eggs and its effects on con- and hetero-specific intraguild predators. *Oecologia* 163(2): 313–322.

<https://doi.org/10.1007/s00442-009-1551-2>

Katsanis A, Babendreier D, Nentwig W, Kenis M (2013) Intraguild predation between the invasive ladybird *Harmonia axyridis* and non-target European coccinellid species. *BioControl* 58(1):73–83. <https://doi.org/10.1007/s10526-012-9470-2>

Kenis M, Adriaens T, Brown PMJ, Katsanis A, Martin GS, Branquart E, Maes D, Eschen R, Zindel R, Van Vlaenderen J, Babendreier D, Roy HE, Hautier L, Poland RL (2016) Assessing the ecological risk posed by a recently established invasive alien predator: *Harmonia axyridis* as a case study. *BioControl* 62(3):341–354. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9764-x>

Kenis M, Auger-Rozenberg MA, Roques A, Timms L, Péré C, Cock MJW, Settele J, Augustin S, Lopez-Vaamonde C. (2009) Ecological effects of invasive alien insects. *Biol Invasions* 11(1):21–45. <https://doi.org/10.1007/s10530-008-9318-y>

Khan MH, Yoldas Z (2018) Cannibalistic behavior of aphidophagous coccinellid, *Hippodamia variegata* (Goeze, 1777) (Coleoptera: Coccinellidae). *Turkiye Entomoloji Derg* 42(3): 175–184. <https://doi.org/10.16970/entoted.397666>

King AG, Meinwald J (1996) Review of the defensive chemistry of coccinellids. *Chem Rev* 96(3):1105–1122 <https://doi.org/10.1021/cr950242v>

Kundoo AA, Khan AA (2017) Coccinellids as biological control agents of soft bodied insects: A review *J Entomol Zool Stud* 5:1362–1373

Lima MS, Santos DS (2018) Registro de *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellida) predando *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) em Alagoas. *Rev Ciência Agrícola* 16(3): 75–77. <https://doi.org/10.28998/rca.v16i3.4828>

Lognay G, Hemptinne JL, Chan FY, Gaspar C, Marlier M, Braekman JC, Dalozé D, Pasteels JM

(1996) Adalinine, a new piperidine alkaloid from the ladybird beetles *Adalia bipunctata* and *Adalia decempunctata*. *J Nat Prod* 59(5):510–511. <https://doi.org/10.1021/np960129f>

Louda SM (1998) Population growth of *Rhinocyllus conicus* (Coleoptera: Curculionidae) on two species of native thistles in prairie. *Environ Entomol* 27(4):834–841. <https://doi.org/10.1093/ee/27.4.834>

Lucas È, Coderre D, Brodeur J (1998) Intraguild predation among aphid predators: Characterization and influence of extraguild prey density. *Ecology* 79(3):1084–1092. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[1084:IPAAPC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[1084:IPAAPC]2.0.CO;2)

Majerus MEN, Sloggett, JJ, Godeau JF, Hemptinne JL (2007) Interactions between ants and aphidophagous and coccidophagous ladybirds. *Popul Ecol* 49:15–27. <https://doi.org/10.1007/s10144-006-0021-5>

Obrycki JJ, Giles KL, Ormord AM (1998a) Interactions between an introduced and indigenous coccinellid species at different prey densities. *Oecologia* 117(5):279–285. <https://doi.org/10.1007/s004420050659>

Obrycki JJ, Giles KL, Ormord AM (1998b) Experimental assessment of interactions between larval *Coleomegilla maculata* and *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in field cages. *Environ Entomol* 27(5):1280–1288. <https://doi.org/10.1093/ee/27.5.1280>

Omkar, Pervez A, Gupta AK (2004) Role of surface chemicals in egg cannibalism and intraguild predation by neonates of two aphidophagous ladybirds, *Propylea dissecta* and *Coccinella transversalis*. *J Appl Entomol* 128:691–695. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2004.00913.x>

Pasteels JM (2007) Chemical defence, offence and alliance in ants-aphids-ladybirds relationships. *Popul Ecol* 49:5–14. <https://doi.org/10.1007/s10144-006-0023-3>

Pasteels JM, Deroe C, Tursch B, Braekman JC, Daloz D, Hootele C (1973) Distribution et activités des alcaloïdes défensifs des Coccinellidae. *J Insect Physiol* 19:1771–1784. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(73\)90046-2](https://doi.org/10.1016/0022-1910(73)90046-2)

Paul SC, Stevens M, Burton J, Pell JK, Birkett MA, Blount JD (2018) Invasive egg predators and food availability interactively affect maternal investment in egg chemical defense. *Front Ecol Evol.* 6:1–10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00004>

Pell JK, Baverstock J, Roy HE, Ware RL, Majerus MEN (2008) Intraguild predation involving *Harmonia axyridis*: A review of current knowledge and future perspectives. *BioControl* 53:147–168. <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9125-x>

Phoofolo MW, Obrycki JJ, (1998) Potential for intraguild predation and competition among predatory Coccinellidae and Chrysopidae. *Entomol Exp Appl* 89:47–55. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1998.00380.x>

Pimentel D, Lach L, Zuniga R, Morrison D (2000) Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *Bioscience* 50(1):53–65. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0053:EAECON\]2.3.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0053:EAECON]2.3.CO;2)

Polis GA, Myers CA, Holt RD (1989) The ecology and evolution of intraguild predation: Potential competitors that eat each other. *Annu Rev Ecol Syst* 20:297–330

R Development Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.

Rocca M, Rizzo E, Greco N, Sánchez N (2017) Intra- and interspecific interactions between aphidophagous ladybirds: the role of prey in predator coexistence. *Entomol Exp Appl* 162(3):284–292. <https://doi.org/10.1111/eea.12527>

Rondoni G, Onofri A, Ricci C, (2012) Laboratory studies on intraguild predation and cannibalism among coccinellid larvae (Coleoptera: Coccinellidae). *Eur J Entomol* 109:353–362. <https://doi.org/10.14411/eje.2012.046>

Ruberson JR, Tauber MJ, Tauber CA (1986) Plant feeding by *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae): effect on survival, development, and preoviposition period. *Environ Entomol* 15:894–897. <https://doi.org/10.1093/ee/15.4.894>

Sanches NF, Carvalho RS (2010) Procedimentos para manejo da criação e multiplicação do predador exótico *Cryptolaemos montrouzieri*. *Circ Técnica* 99 - Embrapa 1–5

SAS Institute (2001) SAS/STAT User`s Guide: statistic version 8 for Windows. Cary, NC

Sato S, Dixon AFG (2004) Effect of intraguild predation on the survival and development of three species of aphidophagous ladybirds: Consequences for invasive species. *Agric For Entomol* 6:21–24. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9555.2004.00197.x>

Schausberger P, Croft BA (2000) Nutritional benefits of intraguild predation and cannibalism among generalist and specialist phytoseiid mites. *Ecol Entomol* 25:473–480. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2000.00284.x>

Tapajós SJ, Lira R., Silva-Torres CSA, Torres JB, Coitinho RLCB (2016) Suitability of two exotic mealybug species as prey to indigenous lacewing species. *Biol Control* 96:93–100. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.02.005>

Tavares AM, Torres JB, Silva-Torres CSA, Vacari AM (2013) Behavior of *Montandoniola confusa* Streito & Matocq (Hemiptera: Anthocoridae) preying upon gall-forming thrips *Gynaikothrips ficorum* Marchal (Thysanoptera: Phlaeothripidae). *Biol Control* 67:328–336. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.09.004>

Van Lenteren JC, Babendreier D, Bigler F, Burgio G, Hokkanen HMT, Kuske S, Loomans AJM, Menzler-Hokkanen I, Van Rijn PCJ, Thomas MB, Tommasini MG, Zeng QQ (2003) Environmental risk assessment of exotic natural enemies used in inundative biological control. *BioControl* 48:3–38. <https://doi.org/10.1023/A:1021262931608>

Ware RL, Majerus MEN (2008) Intraguild predation of immature stages of British and Japanese coccinellids by the invasive ladybird *Harmonia axyridis*. *BioControl* 53:169–188. <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9135-8>

Ware RL, Ramon-Portugal F, Magro A, Ducamp C, Hemptinne JL, Majerus MEN (2008) Chemical protection of *Calvia quatuordecimguttata* eggs against intraguild predation by the invasive ladybird *Harmonia axyridis*. *BioControl* 53:189–200. <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9129-6>

Wheeler AG, Hoebeke ER (1995) *Coccinella novemnotata* in northeastern north america: historical occurrence and current status (coleoptera: coccinellidae). *Proc Entomol Soc Washingt* 97:701–716

Table 1 Mean percentage (\pm SE) cannibalism along the time (6-24 hours) between larvae of same instar (LI-LIV) of *Tenuisvalvae notata* and *Cryptolaemus montrouzieri*. There was no cannibalism at 1h interval for all pairings.

Species*	Instars	Time (hours)			
		6	8	12	24
<i>T. notata</i>	I	7.5 \pm 5.47a	15.0 \pm 6.38 a	25.0 \pm 5.47 a	65.0 \pm 6.38 a
	II	0 a	0 b	2.5 \pm 2.5 b	5.0 \pm 3.44 b
	III	0 a	0 b	2.5 \pm 2.5 b	5.0 \pm 3.44 b
	IV	0 a	0 b	2.5 \pm 2.5 b	5.0 \pm 3.44 b
<i>C. montrouzieri</i>	I	0	2.5 \pm 2.5 a	17.5 \pm 6.56 a	55.0 \pm 8.03 a
	II	0	0 a	0 b	20.0 \pm 5.62 b
	III	0	0 a	0 b	7.5 \pm 4.09 b
	IV	0	0 a	0 b	7.5 \pm 4.09 b

* Means followed by the same letter within the column for the same species did not differ by the Tukey HSD test ($P > 0.05$).

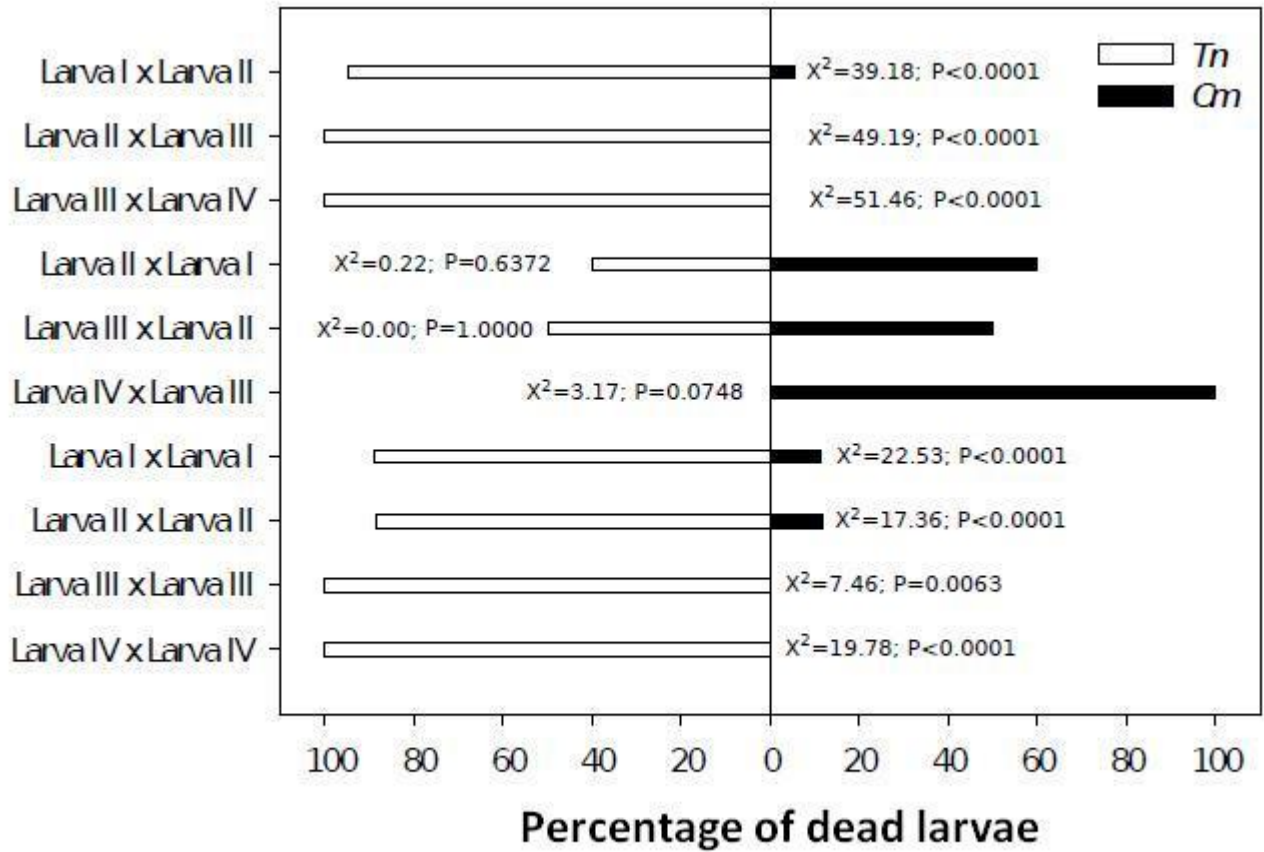


Fig 1 Percentage intraguild predation between larvae (LI-LIV instar) of *Tenuisvalvae notata* (*Tn*), and *Cryptolaemus montrouzieri* (*Cm*), paired for 24h in the absence of prey.

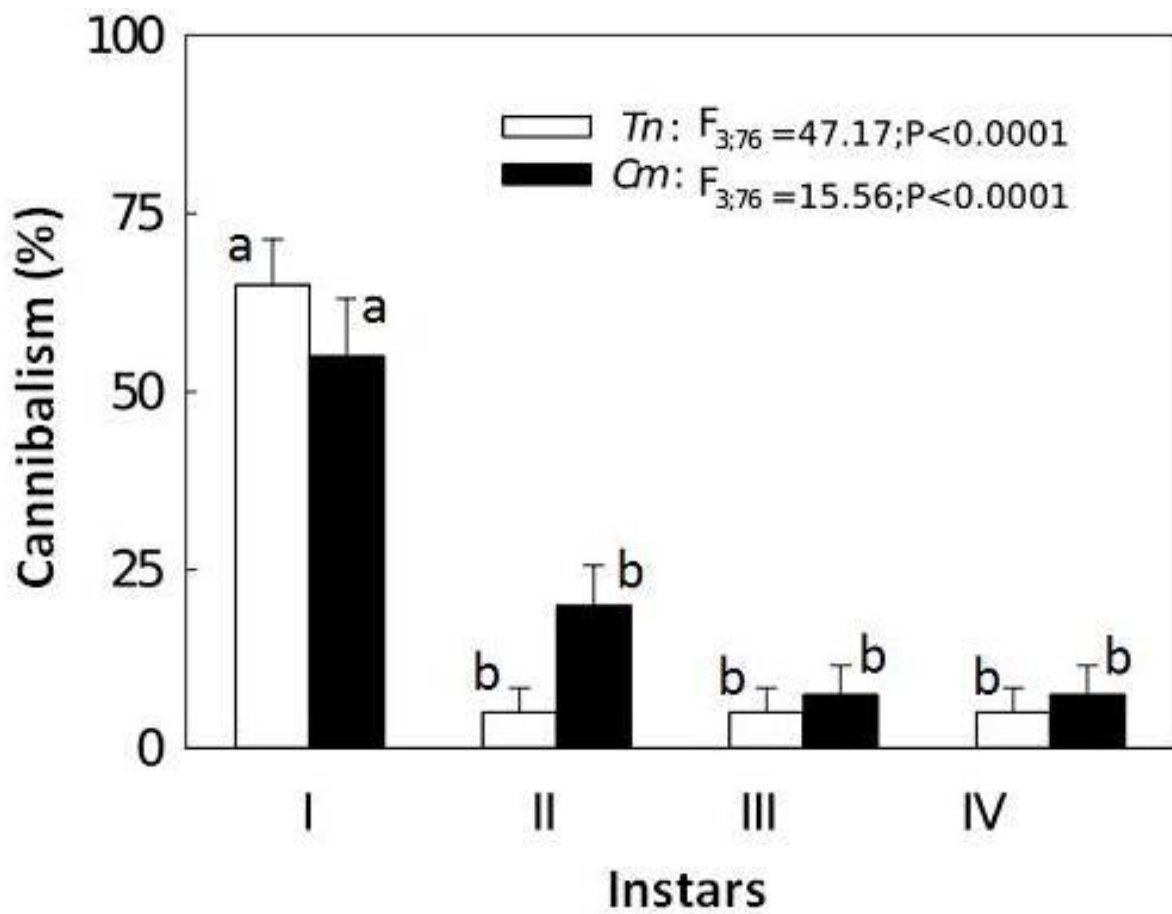


Fig 2 Cannibalism percentage (%) between larvae (LI-LIV instar) of *Tenuisvalvae notata* (*Tn*), and *Cryptolaemus montrouzieri* (*Cm*), paired for 24h in the absence of prey. Bars followed by the same letters within the species do not differ by the Tukey HSD test ($P > 0.05$).

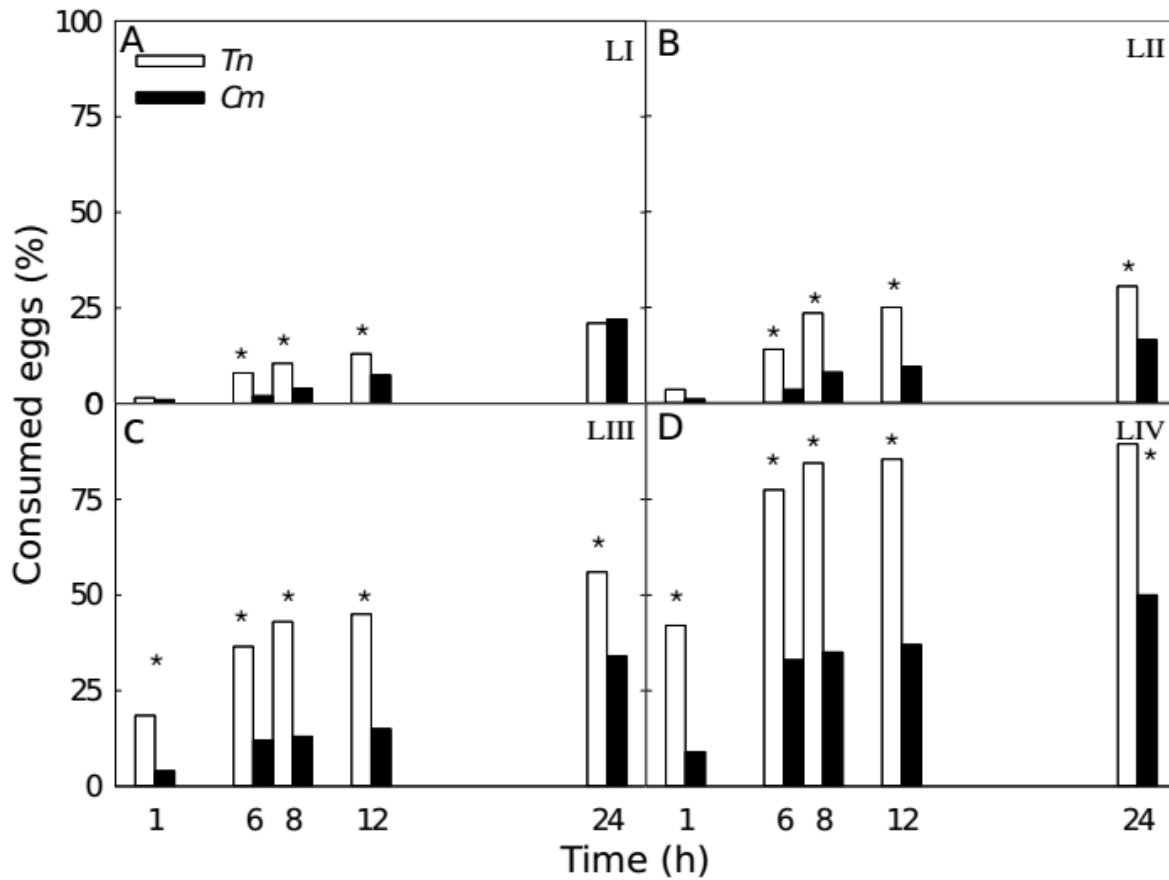


Fig 3 Percentage of eggs consumed of *Tenusivalvae notata* (*Tn*) and *Cryptolaemus montrouzieri* (*Cm*) by larvae (LI-LIV: instar a-d) of *Tn*. *Indicates difference between cannibalism and intraguild predation upon eggs within each time interval by the Tukey HSD test ($P < 0.05$).

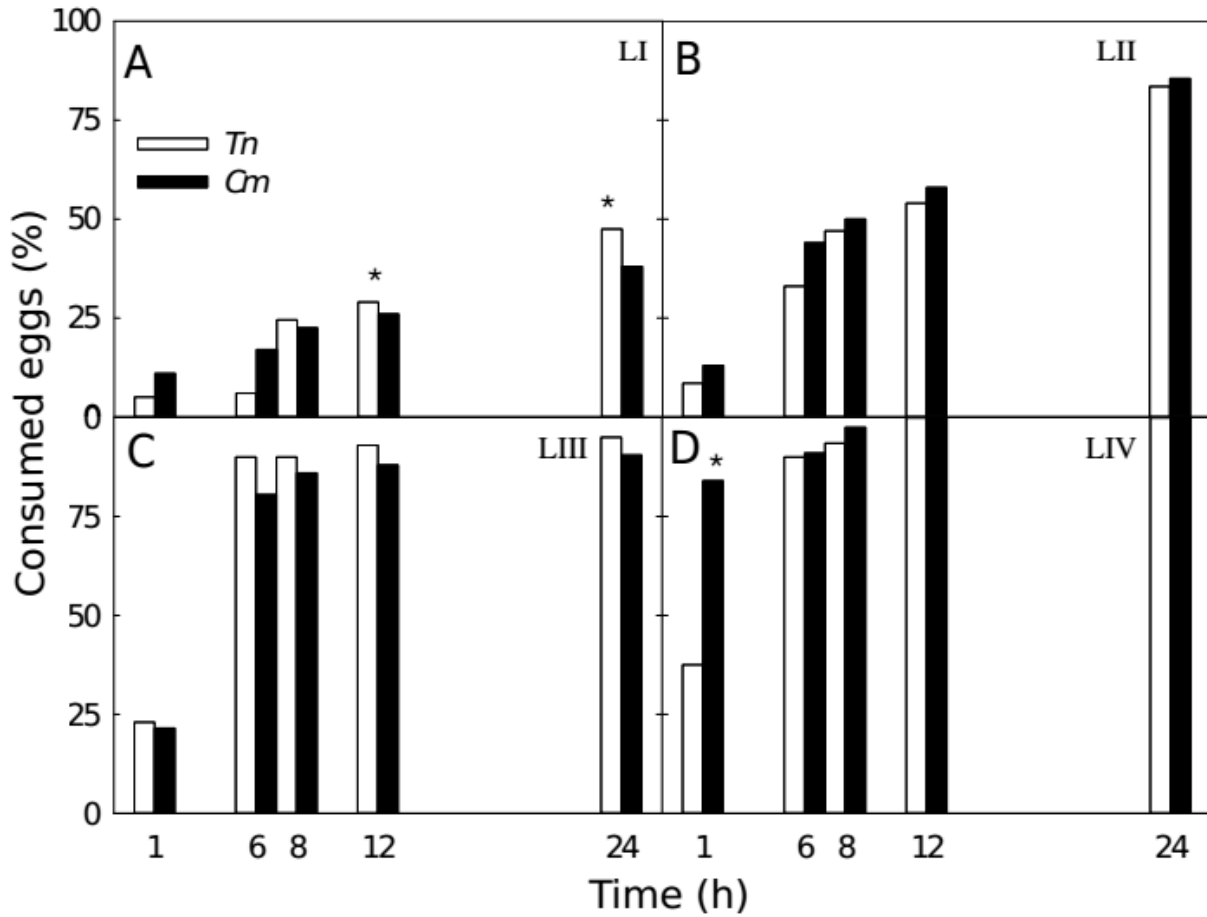


Fig 4 Percentage of eggs consumed of *Tenuisvalvae notata* (*Tn*) and *Cryptolaemus montrouzieri* (*Cm*) by larvae (LI-LIV: instar a-d) of *Cm*. *Indicates significant difference between cannibalism and intraguild predation upon eggs within each time interval by the Tukey HSD test ($P < 0.05$).

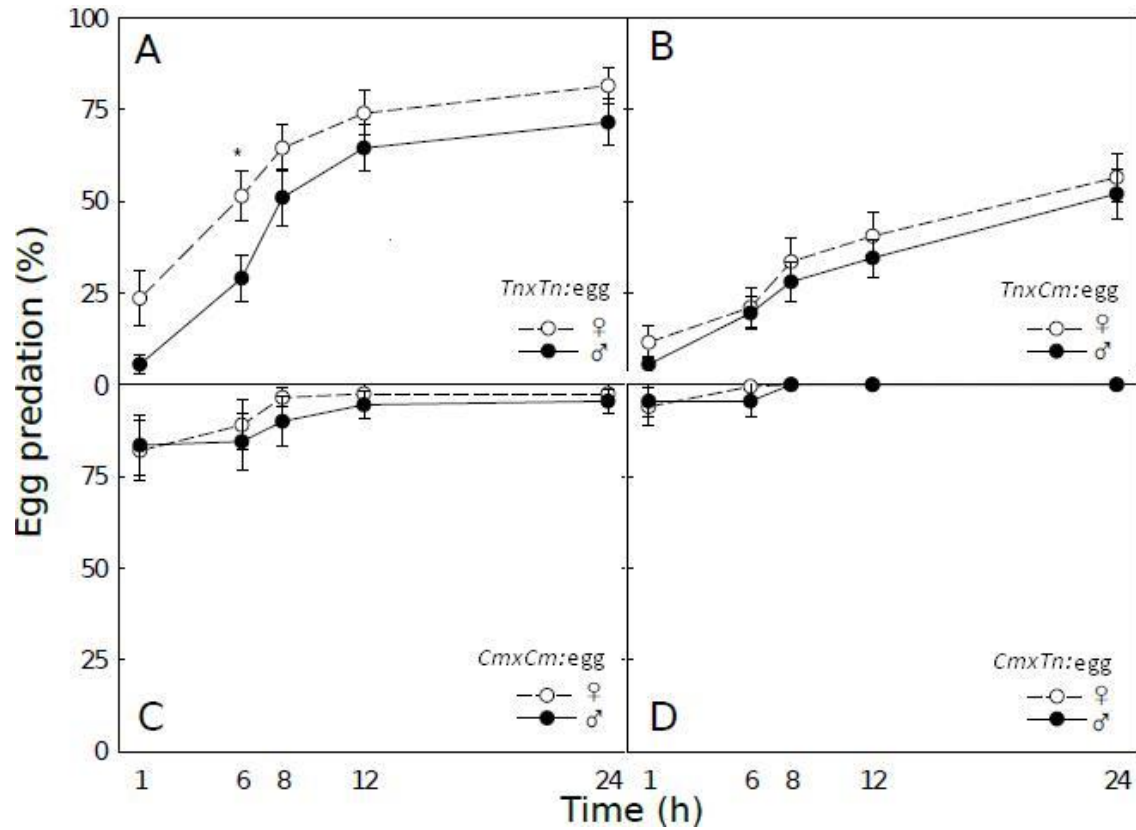


Fig 5 Percentage of egg predation by adults (males and females) of *Tenuisvalvae notata* (*Tn*) and *Cryptolaemus montrouzieri* (*Cm*) subjected to intraspecific (a-c: cannibalism) and interspecific (b-d: intraguild predation) interactions. *Indicates significant difference in egg predation between male and female by the Tukey HSD test ($P < 0.05$).

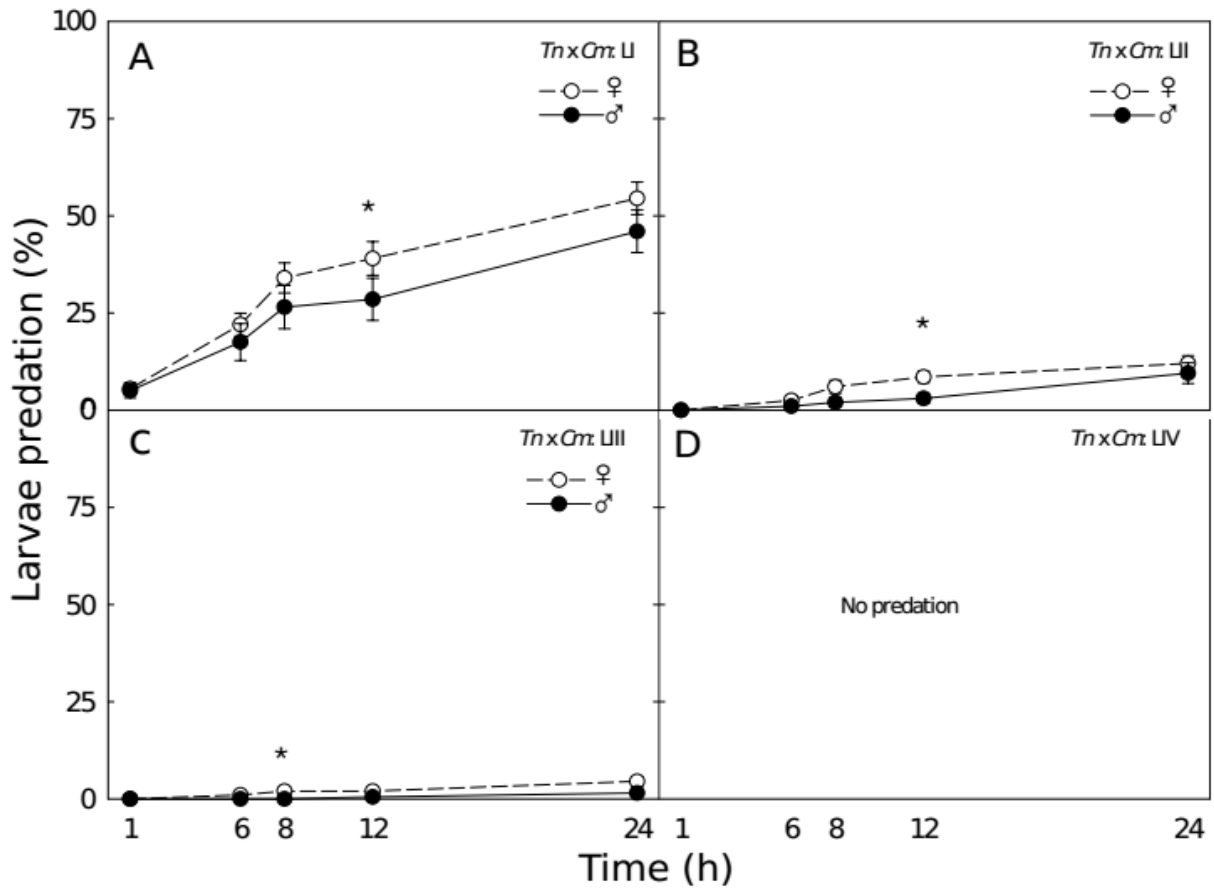


Fig 6 Predation (%) of *Cryptolaemus montrouzieri* (Cm) larvae (LI-LIV: a-d) by males and females of *Tenuisvalvae notata* (Tn). *Stands for difference in predation of larvae between males and females by Tukey HSD test ($P < 0.05$).

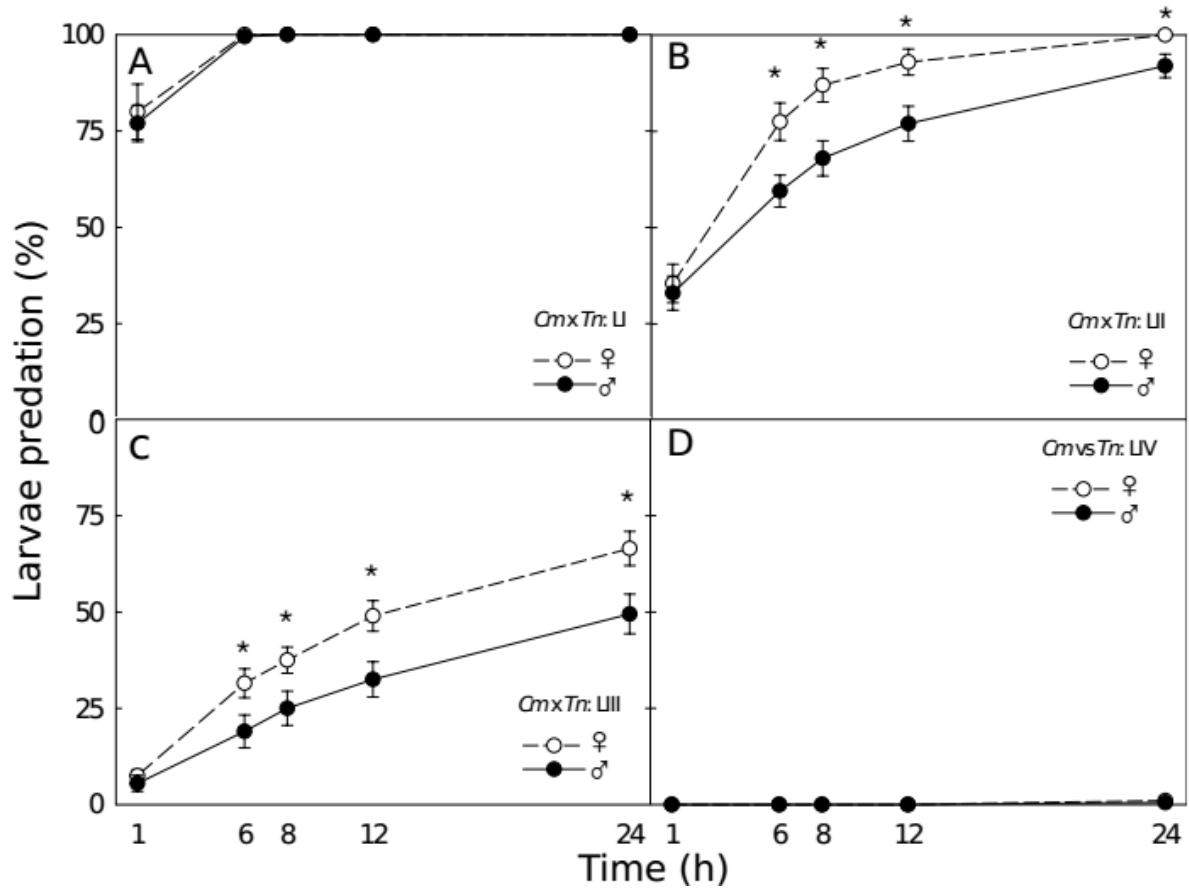


Fig 7 Predation (%) of *Tenuisvalvae notata* (*Tn*) larvae (LI-LIV: a-d) by males and females of *Cryptolaemus montrouzieri* (*Cm*). *Stands for difference in predation of larvae between males and females by Tukey HSD test ($P < 0.05$).

CAPÍTULO 3

CRESCIMENTO POPULACIONAL DE DUAS ESPÉCIES DE JOANINHAS (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) EM DIFERENTES TEMPERATURAS¹

CYNARA M. OLIVEIRA¹

¹Departamento de Agronomia, Fitossanidade - Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.

¹Oliveira, C.M. Crescimento populacional de duas espécies de joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) em diferentes temperaturas

RESUMO – As joaninhas *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) e *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) são consideradas importantes agentes de controle biológico de cochonilhas farinhentas. Um dos fatores que afetam o estabelecimento e o sucesso desses predadores é a temperatura, a qual impõem limites de desenvolvimento e distribuição. Neste estudo, o período de desenvolvimento e reprodução dessas joaninhas foram determinados nas temperaturas de 25 e 28 °C. Também foram estimados os parâmetros de tabela de vida de fertilidade e o número de gerações para diferentes localidades. Para ambas as espécies, o período de desenvolvimento (ovo–adulto) reduziu de 6 a 10 dias com o aumento da temperatura de 25 a 28 °C. Este aumento de temperatura, no entanto, não afetou significativamente a longevidade das fêmeas e a produção de ovos. A taxa líquida de reprodução (R_0), tempo médio de geração (T) e a taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) foram significativamente superiores sob temperatura de 28 °C. A r_m variou de 0,052 a 0,063 e de 0,048 a 0,051 para *T. notata* e *C. montrouzieri* criadas a 25 e 28 °C, respectivamente. Além disso, *T. notata* e *C. montrouzieri* podem completar até 9 e 12 gerações anuais, respectivamente, com destaque para as localidades de Surubim e Bom Jardim, em Pernambuco, e Cruz das Almas, na Bahia, com maior número estimado de gerações devido às temperaturas mais elevadas. Esses resultados confirmam a influência direta da temperatura no desenvolvimento e distribuição dessas espécies de joaninhas, sendo importante para o controle biológico de cochonilhas-farinhentas em áreas infestadas.

PALAVRAS-CHAVE: Joaninha predadora, tabela de vida de fertilidade, *Cryptolaemus montrouzieri*, *Tenuisvalvae notata*

POPULATION GROWTH OF TWO LADYBIRDS SPECIES (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE) UNDER DIFFERENT TEMPERATURES

ABSTRACT – The ladybird beetles, *Tenuisvalvae notata* (Mulsant), and *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) are relevant biological control agents of mealybugs. One of the factors that affect the establishment and success of these predators is the temperature, imposing limits on their development and distribution. In this study, the period of development and reproduction of these ladybirds under the temperatures of 25 and 28 °C were estimated. Also, we estimated the parameters of fertility life tables and the number of generations in different localities of interest. For both species, the development period (egg - adult) reduced from 6 to 10 days with an increase in temperature from 25 to 28 °C. However, this increase in temperature did not significantly affect female longevity and egg production. The net reproductive rate (R_0), mean generation time (T), and intrinsic rate of increase (r_m) were statistically higher than 28 °C. The r_m varied from 0.052 to 0.063 for *T. notata* and from 0.048 to 0.051 for *C. montrouzieri* reared at 25 and 28 °C, respectively. Besides, *T. notata* and *C. montrouzieri* can complete 9 and 12 generations annually, respectively, especially in Surubim and Bom Jardim, in Pernambuco, and Cruz das Almas, in Bahia, with the highest estimated number of generations due to temperatures higher. Results confirm the direct influence of temperature on the development and distribution of these ladybird beetle species, which is important to the biological control of mealybugs in infested areas.

KEY WORDS: Predatory ladybird, fertility life table, *Cryptolaemus montrouzieri*, *Tenuisvalvae notata*

Introdução

Para a utilização eficiente do controle biológico aplicado é necessário conhecer aspectos relacionados à biologia e à ecologia dos inimigos naturais, que se deseja multiplicar e liberar. Alguns fatores ganham destaque, quando se fala em desenvolvimento e biologia de inimigos naturais, dentre eles: a qualidade e a quantidade do alimento, que podem impactar diretamente no desenvolvimento e potencial reprodutivo quando liberados em campo (Parajulee & Phillips 1993, Santana *et al.* 2010). Isto porque a eficiência de um predador é medida em termos de sua habilidade em localizar presas, capacidade de sobreviver quando a densidade de presas é baixa, da flexibilidade no hábito alimentar em explorar presas e alimentos alternativos, quando os preferenciais estão em escassez, da sincronia sazonal reprodutiva predador-presa e de sua capacidade de dispersão (Begon & Mortimer 1986). Outro fator é a temperatura ambiente, a qual é considerada a mais importante entre os fatores abióticos para os insetos. A temperatura pode atuar no ciclo de vida e limitar a distribuição de uma espécie por meio de seus efeitos na sobrevivência, reprodução, crescimento e interação com outras espécies (Jervis & Copland 1996, Peroni & Hernández 2011, Barbosa *et al.* 2019, Ferreira *et al.* 2020). Portanto, o conhecimento desses efeitos é essencial para o desenvolvimento de estratégias de utilização dos inimigos naturais (Pessoa *et al.* 2009).

Uma ferramenta para conhecer o desempenho de predadores submetidos a uma dada condição é a estimativa dos parâmetros da tabela de vida de fertilidade, que possibilita conhecer o desenvolvimento e padrões de fertilidade e sobrevivência de insetos (Abdel-Salam & Abdel-Baky 2001, Cividanes & Souza 2003, Portilla *et al.* 2014). No caso dos inimigos naturais, a análise de tabela de vida de fertilidade fornece informações úteis para o entendimento do seu potencial para o controle de pragas e, também, pode auxiliar na melhoria do processo de criação massal (Hassell 1978, Carey 2001, Ahi *et al.* 2015). Assim, por meio de tabelas de vida de fertilidade pode-se

estimar o crescimento de populações de insetos, tanto das pragas como de seus inimigos naturais (Rodrigues *et al.* 2003). Tais estudos proporcionam o conhecimento dos padrões temporais de mudanças dentro de uma geração determinada pela duração do desenvolvimento, razão sexual, sobrevivência e reprodução (Yu *et al.* 2005, Gómez & Polanía 2009). Os resultados permitem fazer inferências sobre como a população de um determinado inimigo natural se comportaria em uma dada situação em relação ao seu potencial biótico e de estabelecimento local, quando interagindo com outros fatores como a temperatura do ambiente.

Os estudos de tabela de vida de fertilidade determinam a taxa líquida de reprodução (R_0), o intervalo de tempo entre cada geração (T) e a taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m). Estes parâmetros são aqueles empregados para estimar o crescimento populacional da espécie sob as condições do estudo (Southwood 1978, Portilla *et al.* 2014).

As cochonilhas constituem um grupo de pragas estritamente fitófagas, e de grande importância econômica em virtude das perdas significativas de produção, acarretando aumento nos custos para sua prevenção ou controle (Santa-Cecília *et al.* 2002, Culik & Gullan 2005, Franco *et al.* 2009). Entre as famílias existentes em todo o mundo, Pseudococcidae é a mais importante economicamente (Franco *et al.* 2009). No Brasil já se sabe da ocorrência de 85 espécies de Pseudococcidae, em 23 gêneros, as quais estão presentes em diversas culturas economicamente importantes, como algodão, graviola, uva, café, abacaxi, laranja, tomate, entre outras (García Morales *et al.* 2016). Ainda, o controle químico dessas cochonilhas é dificultado devido a presença de cera em seu corpo (Qin *et al.* 2014, Franco *et al.* 2009), favorecendo com isso a utilização do controle biológico. Estes insetos exibem rápido crescimento populacional devido a sua natureza polífaga, rápido desenvolvimento e alta fecundidade (Oliveira *et al.* 2014, Amutha & Dharajothi 2015). Além disso, essas cochonilhas são favorecidas por fertilização das culturas para a máxima

produtividade, bem como pelas altas temperaturas e déficit hídrico, ao qual as plantas são submetidas (Hogendorp *et al.* 2006, Bestete *et al.* 2017, Rhodes *et al.* 2019).

Dentre as espécies de joaninhas predadoras de cochonilhas farinhentas, no Brasil, tem-se a espécie nativa, *Tenuisvalvae notata* Mulsant (Dreyer *et al.* 1997a), e a introduzida, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Sanches & Carvalho 2010). Existem vários estudos sobre os parâmetros biogeográficos de *C. montrouzieri* predando determinadas espécies. Entretanto, não existem relatos destes parâmetros de tabela de vida de fertilidade para as espécies de joaninhas *T. notata* e *C. montrouzieri* predando *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae), a qual é encontrada no Brasil e que vem acometendo várias culturas tais como algodão, mamão, citros, entre outras (Williams & Granara de Willink 1992, Culik *et al.* 2007, Silva-Torres 2013).

Dessa forma, o trabalho buscou estimar os parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *T. notata* e *C. montrouzieri* predando *F. dasyliirii* e estimar os parâmetros relativos às espécies, tais como taxa líquida de reprodução (R_0), intervalo de tempo de geração (T) e taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m), quando criadas nas temperaturas de 25 e 28 °C. Também, com base nas exigências térmicas das joaninhas, estimou-se o número de gerações destas espécies para diferentes localidades de interesse no Brasil. Como o aumento da temperatura resulta em aceleração do ciclo de desenvolvimento, espera-se que *T. notata* e *C. montrouzieri* tenham melhor desempenho nos parâmetros da tabela de vida de fertilidade a 28 °C, e que esse aumento na temperatura resulte em maior crescimento populacional das joaninhas.

Material e Métodos

Presença. A cochonilha *F. dasyliirii* foi coletada em plantas de algodão na área experimental do Departamento de Agronomia da UFRPE (8°01'05" S, 34°56'42" O), e vem sendo mantida no laboratório de Comportamento de Insetos, segundo a metodologia descrita por Barbosa *et al.*

(2014), adaptada de Sanches & Carvalho (2010). Brevemente, a colônia de *F. dasyliirii* é multiplicada em laboratório sobre abóboras da variedade “Jacarezinho” adquiridas periodicamente no Centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco (CEASA-PE). As abóboras são lavadas com detergente neutro, secas e dispostas em caixas de acrílico de 40 × 25 × 20 cm (comprimento × altura × largura) com aberturas circulares nas laterais, fechadas com tecido organza e forradas com papel toalha, onde são infestadas na região do pedúnculo com fêmeas reprodutivas da cochonilha. A criação é mantida em sala climatizada sob condições controladas de temperatura 25 ± 2 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotoperíodo 12:12h (Luz: Escuro).

Joaninhas. Adultos de *T. notata* foram coletados em setembro de 2010 em plantas de algodoeiro infestadas com *Phenacoccus solenopsis* Tinsley e *F. dasyliirii*, no município de Surubim, PE (07°49’59” S, 35°45’17” O), enquanto que exemplares de *C. montrouzieri* foram cedidos pela Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Adultos de *C. montrouzieri* e *T. notata* foram mantidos sob as mesmas condições da criação das cochonilhas, em laboratório. Cada espécie de joaninha foi confinada separadamente em caixas de acrílico, forradas internamente com papel toalha, e contendo uma abóbora infestada com a cochonilha *F. dasyliirii* ofertada como presa para as joaninhas.

Antes da realização dos bioensaios, pupas das duas espécies foram retiradas da criação estoque e mantidas em placas de Petri de 6 cm de diâmetro. Após a emergência dos adultos, estes foram sexados, individualizados e alimentados diariamente para acompanhar a idade de cada indivíduo para posterior realizações dos experimentos.

Desenvolvimento, Reprodução e Tabela de Vida de Fertilidade para *Tenuisvalvae notata* e *Cryptolaemus montrouzieri*. Inicialmente foram formados 20 casais de joaninhas virgens, sendo *T. notata* (5-10 dias de idade) e *C. montrouzieri* (> 15 dias de idade), devido a maturidade sexual de ambas (Santos *et al.* 2016, Kairo *et al.* 2013), respectivamente. Os casais foram pareados em

placas de Petri (6 cm de diâmetro) forradas com papel toalha corrugado como substrato para oviposição e contendo ninfas de (diferentes instares) de *F. dasyliirii ad libitum*. Após a cópula, a oviposição foi acompanhada diariamente para obtenção dos ovos. Assim, 100 ovos de cada espécie de joaninha, com até 24h de idade e oriundos de 20 fêmeas diferentes, foram selecionados para iniciar o estudo. As posturas foram transferidas para novas placas de Petri, e levadas para duas câmaras climáticas tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), e mantidas em duas condições distintas de temperatura: 25 ± 1 °C e 28 ± 1 °C. A umidade relativa de $70 \pm 5\%$ e fotoperíodo de 12:12h (Luz: Escuro) foram os mesmos nas duas câmaras. As temperaturas de 25 e 28 °C foram determinadas de acordo com Ferreira *et al.* (2020), que observaram as melhores condições de temperatura para o desenvolvimento de *T. notata* sendo na faixa de 25-28 °C. Também, estudos prévios indicaram que essa faixa de temperatura é favorável para a espécie exótica *C. montrouzieri* (Kairo *et al.* 2013). A partir do 5^o dia após acondicionamento das posturas sob as condições descritas, a eclosão de larvas foi monitorada diariamente sob estereomicroscópio (Motic / SMZ-168). As larvas recém eclodidas foram individualizadas em placas de Petri (3,5 cm diâmetro), contendo discos (2,5 cm diâmetro) de folhas de algodão infestados com ninfas de cochonilhas de primeiro instar e oferecidas em abundância. Os discos de folhas contendo cochonilhas foram trocados diariamente até as larvas das joaninhas atingirem o segundo instar. A partir do segundo instar das joaninhas, estas receberam diariamente como alimento ninfas de cochonilhas de diferentes instares em abundância. A mudança de instar das larvas de joaninhas foi observada pela presença de exúvia, anotando-se o tempo de desenvolvimento de ovo a adulto. Após emergência, foram monitoradas a sobrevivência e a razão sexual das joaninhas adultas. Além disso, para cada uma das espécies estudadas, adultos de mesma idade foram pareados (n = 15 repetições) em placas de Petri de 6 cm de diâmetro, os quais foram alimentados diariamente. Esses casais foram monitorados diariamente para registrar os

períodos de pré-oviposição, oviposição, pós-oviposição, número de ovos depositados, viabilidade dos ovos e longevidade das fêmeas. Machos não pareados foram mantidos separadamente e alimentados diariamente para reposição de machos de mesma idade em caso de mortalidade. Por outro lado, a cada fêmea morta finalizava-se a repetição. No 10º dia, após o início da oviposição, os ovos coletados foram acompanhados até a fase adulta da geração F1 para determinar a razão sexual dos descendentes. Assim, esses dados e os demais de desenvolvimento e viabilidade das fases imaturas, longevidade e fecundidades de fêmeas foram empregados para cálculos dos parâmetros demográficos da tabela de vida de fertilidade, como a taxa intrínseca de crescimento (r_m), a taxa líquida de reprodução (R_0), e o tempo médio de geração (T) (Southwood 1978).

Estimativa do Número de Gerações. O número de gerações de *T. notata* e *C. montrouzieri* foi calculado pela equação: $NG = [T (T_m - T_b)/K]$, onde NG = número de gerações; T = tempo considerado em um ano; T_m = temperatura média; T_b = temperatura base e K = constante térmica. Para tanto, consideramos as exigências térmicas de *T. notata* ($T_b = 11,8$ °C, $K = 520,8$ graus-dia; Ferreira *et al.* 2020) e *C. montrouzieri* ($T_b = 11,5$ °C, $K = 400$ graus-dia; Saeedi *et al.* 2015), a temperatura média (T_m) anual para seis localidades no Brasil e o tempo anual ($T = 365$ dias). Todas as localidades selecionadas apresentam uma ou mais culturas agrícolas frequentemente acometidas por cochonilhas-farinhas, como apresentadas a seguir: Bento Gonçalves, RS, região Sul (Dreyer *et al.* 1997b), importante produtora de uvas (Lattuada *et al.* 2020); Casa Branca, SP, região Sudeste (Peronti *et al.* 2016), principal produtora de citros no Brasil; Cruz das almas, BA, região Nordeste, produtora de citros e mandioca, além de representar a região importadora de *C. montrouzieri* para o Brasil; e, por fim, os municípios do agreste pernambucano, Bom Jardim, Surubim e Garanhuns, com ocorrência de cochonilhas-farinhas em fruteiras e outras culturas (Barbosa *et al.* 2014, Pacheco da Silva *et al.* 2019). As temperaturas médias anuais foram adquiridas pelo Sistema de

Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo 2020) do período de 2010 a 2020 para as respectivas localidades de interesse.

Análises Estatísticas. Os dados da duração de desenvolvimento das duas espécies de joaninhas foram submetidos a comparação de médias entre tratamentos (25 e 28 °C), através do teste de Student (t) usando o PROC T TEST do SAS (SAS Institute 2001). A partir dos dados, também foram estabelecidas tabelas de vida de fertilidade por idade (x) e sobrevivência específicas (lx), produção de descendência diária fêmea (mx), os quais foram utilizados para o cálculo dos parâmetros demográficos. Assim, a taxa intrínseca de crescimento (r_m), a taxa líquida de reprodução (R_0), e o tempo médio de geração (T) foram calculados mediante o procedimento descrito por Maia *et al.* (2000), empregando o PROC LIFETEST do SAS (SAS Institute 2001). As médias dos valores calculados foram comparadas entre temperaturas pelo teste t de Student, bem como interpretado entre espécies de joaninhas pela regra de sobreposição do intervalo de confiança (IC), a 95% de probabilidade (Di Stefano 2005).

Resultados

Desenvolvimento e Reprodução de *Tenuisvalvae notata* e *Cryptolaemus montrouzieri*. A duração do desenvolvimento de ambas as joaninhas foi influenciada pelo aumento das temperaturas (Tabela 1). Em média, o ciclo de ovo-adulto de *T. notata* foi reduzido em 10 dias com o aumento de 3 °C (25 para 28 °C). De forma similar, *C. montrouzieri*, reduziu a duração do desenvolvimento, em aproximadamente, 6 dias. Esta redução na duração para ambas as espécies é observada pela redução em cada fase de desenvolvimento e estádios dentro de cada fase (Tabela 1). Porém, para *T. notata*, o efeito da temperatura foi mais acentuado em acelerar o desenvolvimento da fase larval. Por outro lado, para *C. montrouzieri*, o efeito da temperatura foi menos acentuado,

sendo as diferenças atenuadas ao longo das fases e períodos dentro de cada fase, até mesmo sem diferença estatística para a duração da larva de quarto instar (Tabela 1).

Na fase adulta, o aumento de temperatura em 3 °C não foi suficiente para alterar significativamente as características avaliadas, embora a resposta ao aumento de temperatura é diferenciada entre as espécies (Tabela 2). *T. notata* exigiu um período para iniciar a reprodução de ~2 dias, mais curto que *C. montrouzieri*, que precisou de ~6 dias. Já o período de oviposição foi bastante variável entre as temperaturas de 25 e 28 °C para *C. montrouzieri* (65,7 e 81,4 dias) e menos variável para *T. notata* (86,9 e 88,2 dias). Da mesma forma, o período de pós-oviposição foi prolongado em *C. montrouzieri*. Ainda, vale salientar que uma e duas fêmeas das 15 fêmeas monitoradas na fase adulta para *C. montrouzieri* foram excluídas das análises de 25 e 28 °C, por ovipositarem apenas 2, 1 e 4 ovos, respectivamente, durante todo o período reprodutivo.

A longevidade de fêmeas foi pouco afetada pelas duas temperaturas para ambas as espécies de joaninhas, mas com fêmeas de *C. montrouzieri* vivendo mais que *T. notata*, em ambas as temperaturas (Tabela 2). Por outro lado, as fêmeas de *T. notata* foram mais fecundas que *C. montrouzieri* produzindo cerca de 1,41 e 2,27x mais ovos a 25 e 28 °C, respectivamente. Também, a viabilidade de ovos foi superior para *T. notata* (87,7% e 80,7%) comparado a viabilidade observada para ovos depositados por *C. montrouzieri* (79,8% e 55%). A razão sexual variou de 56 a 60% de fêmeas para a descendência de *T. notata* e de 43 a 46% para a descendência de *C. montrouzieri*.

Tabela de Vida de Fertilidade. O resumo das características das fases imaturas (duração e viabilidade) e adulta (razão sexual, fecundidade e longevidade), através dos parâmetros da tabela de vida de fertilidade, caracteriza efeito diferenciado das temperaturas estudadas para as espécies de joaninhas alimentadas com *F. dasyliirii* (Tabela 3). A taxa líquida de reprodução (R_0) e a taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) de *T. notata* foram superiores na temperatura de 28 °C,

com os respectivos valores de 87,6 fêmeas/fêmea e 0,063 fêmeas/fêmea*dia. Além disso, o tempo médio de geração (T) foi menor na temperatura mais alta. Para *C. montrouzieri*, no entanto, o aumento da temperatura de 25 para 28 °C, não afetou significativamente os parâmetros da tabela de vida (Tabela 3). Entre as espécies de joaninhas, R_o e r_m foram numericamente superiores para *T. notata*, sendo esta superioridade significativa para r_m a 28 °C (Tabela 3).

A dinâmica da produção de descendentes fêmeas (mx) e a sobrevivência específica (lx) de fêmeas adultas variaram com o aumento da temperatura para ambas as joaninhas (Fig. 1). A idade das fêmeas de *T. notata* para o início da oviposição (após o desenvolvimento imaturo + maturação sexual) e, conseqüentemente, a produção de descendentes fêmeas (mx), foi de 49 e 39 dias após a eclosão das larvas a 25 e 28 °C, respectivamente (Fig. 1). Estes mesmos períodos para *C. montrouzieri* foram de 52 e 46 dias a 25 e 28 °C, com um atraso de 3 e 7 dias, respectivamente, para o início da produção de descendentes, em comparação a *T. notata*.

A produção de descendentes por *T. notata* caracterizou-se por uma forma aproximada a trapézio, com um máximo diário de 4,42 e 4,01 fêmeas produzidas nos dias 173 e 152 de idade das fêmeas a 25 e 28 °C, respectivamente. Para *C. montrouzieri* a produção de descendentes fêmeas aproximou-se mais triangular, especialmente, na temperatura de 28 °C. A maior produção de descendentes fêmeas diária foi de 3,18 e 2,84 fêmeas produzidas nos dias 63 e 92 de idade a 25 e 28 °C (Fig. 1).

A taxa de sobrevivência específica permaneceu constante para *T. notata* ($lx = 0,61$ e $0,53$) até 92 e 84 dias de idade a 25 e 28 °C, respectivamente, com gradual mortalidade após essas idades. Assim, a primeira e a última fêmea adulta de *T. notata* morreu aos 93 e 229 dias a 25 °C e aos 83 e 181 dias a 28 °C. Para *C. montrouzieri*, a sobrevivência específica foi mantida constante até 92 ($lx = 0,64$) e 98 ($lx = 0,66$) dias a 25 e 28 °C, respectivamente, com decréscimo gradual após esses

períodos similar a *T. notata*. A primeira e a última fêmea morreram aos 93 e 272 dias a 25 °C e aos 99 e 209 dias a 28 °C (Fig. 1).

Número de Geração Anual. Com base nas temperaturas médias de 2010 a 2020, referentes às regiões do Nordeste até o Sul e Sudeste do Brasil, e nas exigências térmicas das duas espécies de joaninhas estudadas, foi possível estimar o número médio anual de gerações que *T. notata* e *C. montrouzieri* poderão completar. Assim, o número médio de gerações por ano de *T. notata* e *C. montrouzieri* seriam: 9,6 e 12,7 (Surubim-PE), 9,6 e 12,8 (Bom Jardim-PE), 7,2 e 9,6 (Garanhuns-PE), 9,2 e 12,3 (Cruz das Almas-BA), 7,7 e 10,4 (Casa Branca-SP), 4,7 e 6,4 (Bento Gonçalves - RS), respectivamente.

Discussão

Sabemos que as condições ambientais têm influência direta sobre a biologia dos insetos, sendo a temperatura considerada o fator abiótico que mais limita o desenvolvimento das fases imaturas, bem como o desempenho da fase adulta. Nesse contexto, temperaturas mais altas, até um limiar, causam uma aceleração do ciclo e vice-versa das joaninhas (Hodek & Honek 1996, Ju *et al.* 2011). Além da temperatura, o tipo de alimento pode também interferir no desenvolvimento e reprodução dos insetos, resultando em maior rapidez do desenvolvimento e maior potencial reprodutivo em dietas ótimas (Castro *et al.* 2011, Saeedi *et al.* 2015, Ferreira *et al.* 2020). Os resultados mostraram que ambas as joaninhas apresentam sucesso no desenvolvimento e reprodução na variação de 3 °C, por estar na faixa 25 e 28 °C, e que a influência desta variação no desempenho é variável entre as espécies. Ainda, com base nesses resultados, e outros resultados determinados pelo grupo de pesquisa e disponibilizados na literatura como o requerimento térmico, o número médio de gerações das duas espécies foram calculados mostrando o potencial das

espécies em diferentes localidades de interesse de conservação e utilização, dessas espécies, como agentes de controle de cochonilhas farinhentas.

De acordo com a nossa hipótese, o tempo de desenvolvimento de *T. notata* e *C. montrouzieri* foi influenciado pela temperatura, evidenciando duração mais curta em todos os estágios de desenvolvimento com o aumento da temperatura de 25 para 28 °C. Sendo assim, a redução na duração do ciclo de desenvolvimento acelera a emergência de adultos, o qual antecipa a fase reprodutiva, iniciando uma nova geração em menor espaço de tempo. Isso também se refletiu nos parâmetros da tabela de vida de fertilidade das espécies em questão, mostrando no caso um aumento populacional e um menor tempo de geração, em especial para *T. notata*.

Outros estudos com joaninhas predadoras em diferentes temperaturas mostraram resultados compatíveis, com uma relação inversa entre aumento da temperatura e a duração do desenvolvimento (Dreyer *et al.* 1997b, Qin *et al.* 2014, Saljoqi *et al.* 2014, Zarghami *et al.* 2014, Seyfollahi *et al.* 2016, Shinde *et al.* 2016, Ferreira *et al.* 2020). Por exemplo, Dreyer *et al.* (1997b) mostraram que a duração do ciclo de *T. notata* alimentada com *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero foi de 91, 41, 33, 24 a 21 dias nas temperaturas de 18, 20, 25, 30 e 32 °C. Outra espécie de joaninha predadora de cochonilhas-farinhentas, *Hyperaspis polita* Weise, criada em *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, registraram redução no período de desenvolvimento de ovo a adulto com média de 31,3; 24,6 e 20,1 dias, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C Seyfollahi *et al.* (2016). Saljoqi *et al.* (2014) observaram redução do número de dias, na duração de ovo a adulto de *C. montrouzieri*, alimentada com *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, em 22,7; 21,7 e 17,8 dias, nas temperaturas de 24, 28 e 32 °C.

Como observado, a temperatura de 28 °C acelerou cada fase de desenvolvimento das duas joaninhas. Isto se deve ao aumento do metabolismo, o qual define o ritmo da vida, inclusive o gerenciamento da história de vida, permitindo ao inseto atingir o próximo estágio em menor tempo

(Brown *et al.* 2004, Poncio *et al.* 2016). Por outro lado, a taxa de sobrevivência específica (lx) mostra maior mortalidade na maior temperatura, sugerindo que essas joaninhas sobrevivam por menos tempo quando criadas a 28 °C, pois este parâmetro é dependente da temperatura e diminui com seu aumento (Seyfollahi *et al.* 2016).

Apesar da temperatura de 28 °C ter acelerado o desenvolvimento das joaninhas, o aumento de apenas 3 °C não foi grande o suficiente para causar efeito significativo nos parâmetros reprodutivos das duas espécies estudadas, caracterizando adaptação das espécies nesta faixa de temperatura. Por outro lado, estudos prévios para *T. notata* mostraram efeito do aumento da temperatura nos parâmetros reprodutivos dessa espécie (Dreyer *et al.* 1997b; Ferreira *et al.* 2020). Quando *T. notata* foi criada alimentando-se de *F. dasyrillii* a 25 e 28 °C, não sofreu efeito no período de pré-oviposição, mas aumentou significativamente a fecundidade de 145,0 para 442,5 ovos por fêmea (Ferreira *et al.* 2020), corroborando os nossos resultados. Seyfollahi *et al.* (2016) encontraram efeitos significativos no aumento da temperatura dos parâmetros reprodutivos de *H. polita* criada em *P. solenopsis* a 25 e 30 °C, diferente do observado no presente estudo, com redução no período de pré-oviposição (7,4 dias e 3,4 dias) e aumento no período de oviposição (47,7 e 68,7 dias) e fecundidade (207,4 e 505,5 ovos/fêmea).

Similarmente aos parâmetros reprodutivos, as fêmeas de *T. notata* e *C. montrouzieri* não tiveram redução significativa da longevidade com o aumento da temperatura. Esse fato pode estar relacionado a essas espécies de joaninhas já estarem adaptadas à faixa de temperatura do presente estudo. Por exemplo, os trabalhos de exigências térmicas e biologia, para *T. notata* mostram que as temperaturas de 25 e 28 °C estão na faixa ótima de desenvolvimento e reprodução (Ferreira *et al.* 2020), e o aumento de 3 °C não tenha causado uma alteração suficiente para mudar esses parâmetros. Já o efeito observado por Dreyer *et al.* (1997b) para *T. notata* pode estar associado a maior aumento no intervalo de temperatura estudado (5 °C; 25 a 30 °C). Saedi *et al.* (2015) não

encontraram redução significativa da longevidade de *C. montrouzieri* quando utilizaram temperaturas dentro da faixa ótima. De acordo com Kairo *et al.* (2013) *C. montrouzieri* apresenta ótimo desenvolvimento na faixa de 25 a 30 °C. Por outro lado, outros estudos mostram que pode haver redução no desempenho de adultos (reprodução e longevidade) com aumento da temperatura, principalmente quando a variação é maior que a avaliada no nosso estudo ou quando o aumento é maior que a faixa ótima de desenvolvimento da espécie alvo (Dreyer *et al.* 1997b, Seyfollahi *et al.* 2016, Shinde *et al.* 2016). O aumento da temperatura dentro de um limiar favorável pode levar ao aumento do metabolismo dos adultos (Poncio *et al.* 2016, Ferreira *et al.* 2020), encurtamento do período de oviposição (Dreyer *et al.* 1997b, Roy *et al.* 2003, Shinde *et al.* 2016), atraso no pico reprodutivo como observado no nosso e outros estudos (Roy *et al.* 2003, Zarghami *et al.* 2014, Saeedi *et al.* 2015, Seyfollahi *et al.* 2016) e aumento da taxa predatória (Ferreira *et al.* 2020). Esses fatores são importantes em determinar a capacidade de adaptação e flutuação populacional dos insetos em regiões de temperaturas mais altas.

Novamente, apesar da temperatura ser o principal fator abiótico em afetar o desenvolvimento dos imaturos e o desempenho dos insetos adultos, o predador também depende da presa utilizada, bem como da população em estudo, ou ainda, de condições experimentais como recipientes de criação. Xie *et al.* (2016) ao criarem *C. montrouzieri* a 25 °C, alimentado com *P. citri*, observaram que o período de pré-oviposição foi mais longo (9,5 dias) ao encontrado neste estudo. Além disso, Shinde *et al.* (2016) registraram um período ainda maior (15,2 dias e 13,2 dias) a 25 °C e 30 °C, respectivamente, quando criadas com *Maconellicoccus hirsutus* (Green). Por outro lado, Marques *et al.* (2015) observaram período de oviposição maior (87,8 dias) para essa espécie de joaninha a 25 °C. Também, Saeedi *et al.* (2015), encontraram período de oviposição de 96,9; 134,8; 177,8 e 165,2 dias a 18, 22, 26 e 30 °C, superior ao encontrado em nosso estudo.

Em relação aos parâmetros de tabela de vida de fertilidade, a exemplo da taxa líquida de reprodução (R_o) e taxa intrínseca de aumento (r_m) dessas joaninhas, pode-se dizer que ambas as espécies aumentam suas populações nas temperaturas estudadas (Bellows Jr *et al.* 1992). Estes parâmetros podem variar em decorrência das particularidades de cada inseto, como a adaptação ao ambiente, o que pode influenciar o crescimento populacional dos mesmos. Além disso, o valor de r_m foi positivo em todos os tratamentos, o que indica natalidade maior que a mortalidade de ambas as espécies de joaninhas. Este parâmetro é considerado o mais importante da tabela de vida, na seleção de agentes de controle biológico promissores (Pedigo & Zeiss 1996, Kontodimas *et al.* 2007, Portilla *et al.* 2014), onde um inimigo natural é considerado com potencial de regular a população de insetos pragas quando seu r_m for semelhante ou maior ao de sua presa (Van Leteren 1986, Sabelis 1992, Roy *et al.* 2003).

Apesar da temperatura não ter afetado os parâmetros reprodutivos das joaninhas, observa-se que *C. montrouzieri* produziu maior número de machos na geração F1, em ambas as temperaturas (46% e 43% de fêmeas, razão sexual <50%), o que pode ter ocasionado redução nos parâmetros demográficos R_o e r_m . Entretanto, estudos prévios com *C. montrouzieri* demonstraram que a razão sexual da espécie varia em torno de 50% (Kairo *et al.* 2013, Marques 2014, Qin *et al.* 2014). Dessa forma, nosso resultado pode estar relacionado a algum processo de adaptação dos parentais (quando submetidos ainda na fase de ovos às condições do estudo), os quais vieram de fêmeas criadas em condições ideais de laboratório.

Dentre os organismos a evidenciar os efeitos das mudanças climáticas, os insetos estão entre os principais, devido às numerosas populações produzidas, facilidade de multiplicação, dispersão e curto tempo entre gerações (Scherer *et al.* 2000). No entanto, quando há aumento da temperatura em determinada escala dentro de uma faixa ideal para o desenvolvimento dos insetos, pode haver uma aceleração da reprodução, assim como a sobrevivência em localidades subtropicais e tropicais

(Parmesan *et al.* 1999). Sendo assim, com base nas exigências térmicas e nas temperaturas médias dos últimos 10 anos, *T. notata* pode completar até 9 gerações por ano, enquanto *C. montrouzieri* pode completar até 12 gerações anuais. As localidades de Surubim e Bom Jardim, ambas em Pernambuco, proporcionaram estimativas com maior número de gerações anual que ocorreria para ambas as joaninhas, por serem as regiões mais quentes, onde as faixas termais médias mínima e máxima variam de 20,9 a 30 °C e 21,4 a 29,6 °C (Agritempo 2020). Por outro lado, o menor número de gerações ocorreu nas localidades de clima mais ameno. Como estima-se que *C. montrouzieri* pode desenvolver até três gerações a mais que *T. notata* por ano, nas regiões de temperatura mais elevada, a primeira espécie apresenta potencial de crescimento populacional mais rápido que a *T. notata*. Estudos prévios com estimativas sobre distribuição populacional e adaptabilidade climática para essas duas espécies de joaninhas demonstraram sobreposição de locais possíveis de ocorrência e estabelecimento nas regiões tropicais, com maior amplitude para a espécie introduzida (Ferreira 2019). No entanto, mesmo com maior potencial de crescimento populacional que a espécie nativa, não podemos afirmar que haverá algum efeito negativo da espécie exótica em locais de ocorrência simultânea com *T. notata*, pois os insetos são muito propensos a responder rapidamente a temperaturas elevadas, e esse aumento tem o potencial de alterar as suas funções ecológicas, bem como interações intra e interespecíficas (Auad & Fonseca 2017).

Com base nos resultados, podemos concluir que a temperatura de 28 °C foi a mais adequada, para a criação de ambas as espécies, devido ao menor tempo de desenvolvimento, bem como aumento numérico nos parâmetros demográficos R_o e r_m . Isto mostra que o aumento de 25 para 28 °C favoreceu o desempenho de ambas as joaninhas, o que é importante considerando que cochonilhas são pragas comuns durante os períodos mais quentes do ano. Em condições de criação,

melhor desempenho a 28 °C também proporcionará uma produção maior e mais rápida de predadores para atender as demandas dos produtores visando à liberação em campo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 concedido a C.M.O. através da CAPES/PROEX.

Literatura Citada

Abdel-Salam, A.H. & N.F. Abdel-Baky. 2001. Life table and biological studies of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Col., Coccinellidae) reared on the grain moth eggs of *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lep., Gelechiidae). J. Appl. Entomol. 125: 455-462.

Agritempo. 2020 (Sistema de Monitoramento Agrometeorológico). Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=PE>>. Acesso em 17/07/2020.

Ahi, G.A.A., A. Afshari, V. Baniamერი, H. Dadpour, M. Yazdanián & A. Golizadeh. 2015. Laboratory survey on biological and demographic parameters of *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on two mealybug species. J. Crop. Prot. 4: 267-276.

Amutha, M. & B. Dharajothi. 2015. Life table of *Phenacoccus solenopsis* (Homoptera: Pseudococcidae) on cotton. Indian J. Entomol. 77: 1-10.

Auad, A.M. & M.G. Fonseca. 2017. A entomologia nos cenários das mudanças climáticas, p. 93–115. In Bettiol, W., E. Hamada, F. Angelotti, A.M. Auad & R. Ghini (eds.), Aquecimento global e problemas Fitossanitários. Brasília, Embrapa, 488p.

Barbosa, P.R.R., M.D. Oliveira, J.A. Giorgi, C.S.A. Silva-Torres, & J.B. Torres. 2014. Predatory Behavior and Life History of *Tenuisvalvae notata* (Coleoptera: Coccinellidae) Under Variable Prey Availability Conditions. Fla. Entomol. 97: 1026-1034.

Barbosa, L.R., F. Santos, E.P. Soliman, A.P. Rodrigues, C.F. Wilcken, J.M. Campos, A.J.V. Zanuncio & J.C. Zanuncio. 2019. Biological parameters, life table and thermal requirements of *Thaumastocoris peregrinus* (Heteroptera: Thaumastocoridae) at different temperatures. Sci. Rep. 9: 1-8.

- Begon, M. & M. Mortimer. 1986.** Population ecology: a unified study of animals and plants. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 219p.
- Bellows Jr, T.S., R.G. van Driesche & J.S. Elkinton. 1992.** Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. *Annu. Rev. Entomol.* 37: 587-14.
- Bestete, L.R., J.B., Torres, R.B.B. Silva, C.S.A. Silva-Torres & C.S. Bastos. 2017.** Development of cotton pests exhibiting different feeding strategy on water-stressed and kaolin-treated cotton plants. *J. Pest Sci.* 90: 139–150.
- Brown, J.H., J.F. Gillooly, A.P. Allen, V.M. Savage & G.B. West. 2004.** Toward a metabolic theory of ecology. *Ecology* 85: 1771–1789.
- Carey, J.R. 2001.** Insect biodemography. *Annu. Rev. Entomol.* 46: 79-110.
- Castro, C.F., L.M. Almeida & S.R.C. Penteado. 2011.** The impact of temperature on biological aspects and life table of *Harmonia Axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). *Fla. Entomol.* 94: 923-932.
- Cividanes, F.J. & V.P. Souza. 2003.** Exigências térmicas e tabelas de vida de fertilidade de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) em laboratório. *Neotrop. Entomol.* 32: 413-419.
- Culik, M.P. & P.J. Gullan, 2005.** A new pest of tomato and other records of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) from Espírito Santo, Brazil. *Zootaxa* 964: 1–8.
- Culik, M.P., D.S. Martins, J.A. Ventura, A.L.B.G. Peronti, P.J. Gullan & T. Kondo. 2007.** Coccidae, Pseudococcidae, Ortheziidae and Monophlebidae (Hemiptera: Coccoidea) of Espírito Santo, Brazil. *Biota Neotrop.* 7: 61-65.
- Di Stefano, J. 2005.** Effect size estimates and confidence intervals: an alternative focus for the presentation and interpretation of ecological data. *New Trends Ecol. Res.* 1: 71–102.
- Dreyer, B.S., P. Neuenschwander, J. Baumgärtner & S. Dorn. 1997a.** Trophic influences on survival, development and reproduction of *Hyperaspis notata* (Col., Coccinellidae). *J. Appl. Entomol.* 121: 249-256.
- Dreyer, B.S., P. Neuenschwander, B. Bouyjou, J. Baumgartner & S. Dorn. 1997b.** The influence of temperature on the life table of *Hyperaspis notata*. *Entomol. Exp. Appl.* 84: 85–92.
- Ferreira, L.F. 2019.** Respostas biológicas e de predação de *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) sob diferentes temperaturas e presas e uso do climex para prever sua distribuição geográfica. Dissertação de mestrado, Recife, UFRPE, 81p.

- Ferreira, L.F., C.S.A. Silva-Torres, R.C. Venette & J.B. Torres. 2020.** Temperatura and prey assessment on the performance of the mealybug predator *Tenuisvalvae notata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Aust. Entomol.* 59: 178-188.
- Franco, J.C., A. Zada, & Z. Mendel. 2009.** Novel approaches for the management of mealybug pests, p. 233–278. In: I. Ishaaya & A.R. Horowitz (eds.), *Biorational Control of Arthropod Pests*. Dordrecht, Springer, 422p.
- Garcia Morales, M., B.D. Denno, D.R. Miller, G.L. Miller, Y. Ben-Dov & N.B. Hardy. 2016.** ScaleNet: A Literature-based model of scale insect biology and systematics. Database 1-5. Disponível em: <http://scalenet.info>. Acesso em 20/10/2020.
- Gómez, W.D & I.Z. Polanía. 2009.** Tabla de vida del cucarrón predador *Eriops connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). *Rev. Udca Actual. Divulg. Cient.* 12: 147-155.
- Hassell, M.P. 1978.** The dynamics of arthropod predator-prey system. Princeton, Princeton University Press, 237p.
- Hodek, I. & Honek, A. 1996.** Ecology of Coccinellidae. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 464p.
- Hogendorp, B.K., R.A. Cloyd & J.M. Swiader. 2006.** Effect of Nitrogen Fertility on Reproduction and Development of Citrus Mealybug, *Planococcus citri* Risso (Homoptera: Pseudococcidae), Feeding on Two Colors of Coleus, *Solenostemon scutellarioides* L. *Codd. Environ. Entomol.* 35: 201-211.
- Jervis, M.A. & M.J.W. Copland. 1996.** The life cycle, 63–161. In: Jervis, M.A. & N.A.C. Kidd (Eds.), *Insect Natural Enemies: Practical Approaches to Their Study and Evaluation*. London, Chapman and Hall, 475 p.
- Ju, R.T., F. Wang, & B. Li. 2011.** Effects of temperature on the development and population growth of the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata*. *J. Insect Sci.* 11: 1-16.
- Kairo, M.T.K., O. Paraiso, R. Das Gautam & D.D. Peterkin. 2013.** *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Coccinellidae: Scymninae): a review of biology, ecology, and use in biological control with particular reference to potential impact on non-target organisms. *CAB Rev.* 8: 1-20.
- Kontodimas, D.C., P.G. Milonas, G.J. Stathas, L.P. Economou & N.G. Kavallieratos. (2007).** Life table parameters of the pseudococcid predators *Nephus includens* and *Nephus bisignatus* (Coleoptera: Coccinellidae). *Eur. J. Entomol.* 104: 407–415.
- Lattuada, D.S., R. Anzanello, A.M.R. Oliveira, M. Botton & H.P. Santos. 2020.** Cultivo protegido de videiras: um panorama em municípios da Serra Gaúcha. Porto Alegre, SEAPDR/DDPA, 61p. (Circular: divulgação técnica 5).

- Maia, A. de H.N., A.J.B. Luiz & C. Campanhola. 2000.** Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93: 511-518.
- Marques, C.E.M. 2014.** Aspectos biológicos de *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae) em *Ferrisia virgata* (Hemiptera: Pseudococcidae) em laboratório. Dissertação de mestrado, Recife, UFRPE, 48p.
- Marques, C.E.M., M.S. Lima, J.W.S. Melo, R. Barros & B.A.J. Paranhos. 2015.** Evaluation of *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) and non-prey foods on the development, reproduction, and survival of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae). *Coleopt. Bull.* 69: 343-348.
- Oliveira, M.D., C.S.A. Silva-Torres, J.B. Torres, J.E.M. Oliveira. 2014.** Population growth and within-plant distribution of the striped mealybug *Ferrisia virgata* (Cockerell) (Hemiptera, Pseudococcidae) on cotton. *Ver. Bras. Entomol. (Impresso)*. 58: 71-76.
- Pacheco da Silva, V.C., J.B. Torres, C.S.A. Silva-Torres & M.B. Kaydan. 2019.** Mealybug species (Hemiptera: Coccothraupidae: Pseudococcidae) on soursop and sugar apple (Annonaceae) in North-East Brazil, with description of a new species of *Pseudococcus* Westwood. *Zootaxa (Online)* 3: 525-538.
- Parajulee, M.M. & T.W. Phillips. 1993.** Effects of prey species on development and reproduction of the predator *Lyctocoris campestris* (Heteroptera: Anthracoridae). *Environ. Entomol.* 22: 1035-1042.
- Parmesan, C., N. Ryrholm, C. Stefanescu, J.K. Hill, C.D. Thomas, H. Descimon, B. Huntley, L. Kaila, J. Kullberg, T. Tammaru, W. J. Tennent, J.A. Thomas & M. Warren. 1999.** Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399: 579-583.
- Pedigo, L.P. & M.R. Zeiss. 1996.** Developing a degree-day model for predicting insect development, p. 67-74. In: L.P. Pedigo. & M.R. Zeiss. (eds.), *Analyses in Insect Ecology and Management*. Ames, Iowa State University Press. 168 p.
- Peroni, N. & M.I.M. Hernández. 2011.** Ecologia de populações e comunidades. Florianópolis, CCB/EAD/UFSC, 123p. Disponível em: <https://www.euquerobiologia.com.br/2016/06/livro-ecologia-de-populacoes-e-comunidades-pdf.html>. Acesso em: 27 de março de 2020.
- Peronti, A.L.B.G., N.M. Martinelli, J.G. Alexandrino, A.L. Marsaro Júnior, A.M. Pentead-Dias & L.M. Almeida. 2016.** Natural enemies associated with *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in the state of São Paulo, Brazil. *Fla. Entomol.* 99: 21-25.
- Pessoa, L.G.A., S. Freitas & E.S. Loureiro. 2009.** Efeito da variação da temperatura sobre o desenvolvimento embrionário e pós-embrionário de *Chrysoperla raimundoi* Freitas & Penny (Neuroptera: Chrysopidae). *Arq. Inst. Biol.* 76: 239-244.

- Poncio, S., S.T.B. Dequech, A. Bolzan, C. Güths, M.P. Walker, V.S. Sturza & D.E. Nava. 2016.** Effect of temperature on immature of *Stiretrus decastigmus* (Hemiptera: Pentatomidae). *Braz. J. Biol.* 76: 495-499.
- Portilla, P., J.A. Morales-Ramos, M.G. Rojas & C.A. Blanco. 2014.** Life tables as tools of evaluation and quality control for arthropod mass production, 241-275. In: Morales-Ramos, J.A., M.G. Rojas, D.I. Shapiro-Ilan (Eds.), *Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens*. Amsterdam, Academic Press, 764p.
- Qin, Z.Q., B.L. Qiu, J.H. Wu, A.G.S. Cuthbertson & S.X. Ren. 2014.** Effects of three mealybug species on the development, survivorship and reproduction of the predatory lady beetle *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant. *Biocontrol Science and Technology*, 24: 891–900.
- Rhodes, S.A., M.W. Turnbull & J.H. Chong 2019.** Nitrogen Fertilization of Host Plant Influenced the Nutritional Status and Life History of the Madeira Mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae). *Environ. Entomol.* 48: 1129–1137.
- Rodrigues, S.M.M., V.H.P. Bueno & M.V. Sampaio. 2003** Tabela de vida de fertilidade de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880) (Hymenoptera, Aphidiidae) em *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera, Aphididae). *Rev. Bras. Entomol.* 47: 637-642.
- Roy, M., J. Brodeur & C. Cloutier. 2003.** Effect of temperature on intrinsic rates of natural increase (r_m) of a coccinellid and its spider mite prey. *BioControl* 48: 57-72.
- Sabelis M.W. 1992.** Predatory arthropods, pp. 225-264. In: M.J. Crawley (Ed.), *Natural enemies: The population biology of predators, parasites and disease*. Oxford, UK, Blackwell.
- Saeedi, N., M.R. Damavandian & H.D. Moghanloo. 2015.** Effects of temperature on population growth parameters of *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae) reared on *Planococcus citri* (Homoptera: Pseudococcidae). *Arthropods* 4: 78–89.
- Saljoqi, A.U.R., M. Nasir, J. Khan, E.U. Haq, N. Asad & I. Raza. 2014.** The Impact of Temperature on Biological and Life Table Parameters of *Cryptoleamus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) Fed on Cotton Mealy Bug, *Phenococcus solenopsis* Tinsley. *Pak. J. Zool.* 46: 1591-1597.
- Sanches, N.F. & R.S. Carvalho. 2010.** Procedimentos para manejo da criação e multiplicação do predador exótico *Cryptolaemus montrouzieri*. Cruz das Almas, EMBRAPA, 5p. (Circular Técnica 99).
- Santa-Cecília, L.V.C., P.R. Reis & J.C. Souza. 2002.** Sobre a nomenclatura das espécies de cochonilhas-farinhas do cafeeiro nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. *Neotrop. Entomol.* 31: 333-334.

- Santana, S.W.J., R. Barros, J.B. Torres & M.G.C. Gondim Jr. 2010.** Exigências térmicas da praga do coqueiro *Atheloca subrufella* (Hulst) (Lepidoptera: Phycitidae). Neotrop. Entomol. 39: 181-186.
- Santos, E.A. 2016.** Comportamento sexual e semioquímicos de *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae). Dissertação de Mestrado, UFRPE, Recife, 44p.
- SAS Institute. 2001.** SAS User`s guide: statistic version 8 for Windows. SAS Institute, Cary, NC.
- Scherm, H., R.W. Sutherst, R. Harrington & J.S.I. Ingram. 2000.** Global networking for assessment of impacts of global change on plant pests. Environ. Pollut. 108: 333-341.
- Seyfollahi, F., M. Esfandiari, M.S. Mossadegh & A. Rasekh. 2016.** Life table parameters of the coccinellid *Hyperaspis polita*, a native predator in Iran, feeding on the invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis*. J. Asia Pac. Entomol. 19: 835-840.
- Shinde, P.R., S.S. Shetgar & S.H. Mhaske. 2016.** Biology of *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) on *Maconellicoccus hirsutus* (Green) at different temperature levels. J. Biol. Control 30: 124-127.
- Silva-Torres, C.S.A., M.D. Oliveira & J.B. Torres. 2013.** Host selection and establishment of striped mealybug, *Ferrisia virgata*, on cotton cultivars. Phytoparasitica 41: 31-40.
- Southwood, T.R.E. 1978.** Ecological methods. 2nd ed. London: Chapman and Hall, 524p.
- Van Lenteren, J.C. 1986.** Parasitoids in the greenhouse: successes with seasonal inoculativa release systems, p. 342-374. In: J. Waage & D. Greathead. Insect parasitoids. London, Academic Press, 389 p.
- Williams, D.J. & M.C. Granara De Willink. 1992.** Mealybugs of Central and South America. London, CAB International, 635p.
- Xie, J., H. Wu, H. Pang & P. De Clercq. 2016.** An artificial diet containing plant pollen for the mealybug predator *Cryptolaemus montrouzieri*. Pest. Manage. Sci. 73: 541-545.
- Yu, J.Z., H. Chi & B.H. Chen. 2005.** Life table and predation of *Lemnia biplagiata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) with a proof on relationship among gross reproduction rate, net reproduction rate, and preadult survivorship. Ann. Entomol. Soc. Am. 98: 475-482.
- Zarghami, S., F. Kocheili, M.S. Mossadegh, H. Allahyari & A. Rasekh. 2014.** Effect of temperature on population growth and life table parameters of *Nephus arcuatus* (Coleoptera: Coccinellidae). Eur. J. Entomol. 111: 199-206.

Tabela 1. Durações (média \pm EP, dias) do desenvolvimento para as joaninhas *Tenuisvalvae notata* e *Cryptolaemus montrouzieri* criadas a 25 e 28 °C, e alimentadas com a cochonilha *Ferrisia dasyliirii* em $70 \pm 5\%$ de UR e 12h de fotofase.

Fases	Temperatura (°C)		Estatística Valores de t _{gl} ; P
	25	28	
<i>Tenuisvalvae notata</i>			
Ovo	6,3 \pm 0,05	4,8 \pm 0,04	20,94 ₁₄₆ ; <0,0001
1 ^o	3,9 \pm 0,11	2,7 \pm 0,07	9,88 ₁₁₄ ; <0,0001
2 ^o	3,1 \pm 0,11	2,0 \pm 0,11	6,87 ₁₁₂ ; <0,0001
Larva	3,3 \pm 0,08	2,4 \pm 0,09	7,62 ₁₁₂ ; <0,0001
3 ^o	3,3 \pm 0,08	2,4 \pm 0,09	7,62 ₁₁₂ ; <0,0001
4 ^o	5,9 \pm 0,15	4,2 \pm 0,08	9,45 ₁₁₂ ; <0,0001
Larva (1 ^o - 4 ^o instar)	16,3 \pm 0,22	11,4 \pm 0,17	17,26 ₁₁₂ ; <0,0001
Pré-pupa	4,0 \pm 0,15	3,0 \pm 0,11	5,19 ₁₁₂ ; <0,0001
Pupa	12,9 \pm 0,13	10,2 \pm 0,13	14,63 ₁₁₂ ; <0,0001
Ovo-adulto	39,8 \pm 0,21*	29,4 \pm 0,14	40,07 ₁₁₂ ; <0,0001
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>			
Ovo	5,9 \pm 0,02	4,0 \pm 0,02	71,37 ₁₆₁ ; <0,0001
1 ^o	3,8 \pm 0,13	2,3 \pm 0,05	10,85 ₁₃₈ ; <0,0001
2 ^o	3,0 \pm 0,07	2,7 \pm 0,09	2,55 ₁₂₉ ; 0,0121
Larva	3,2 \pm 0,05	2,8 \pm 0,07	4,37 ₁₂₉ ; <0,0001
3 ^o	3,2 \pm 0,05	2,8 \pm 0,07	4,37 ₁₂₉ ; <0,0001
4 ^o	4,5 \pm 0,12	4,3 \pm 0,09	1,08 ₁₂₉ ; 0,2813
Larva (1 ^o - 4 ^o instar)	14,4 \pm 0,18	12,2 \pm 0,12	9,94 ₁₂₉ ; <0,0001
Pré-pupa	4,1 \pm 0,12	3,3 \pm 0,09	4,98 ₁₂₈ ; <0,0001
Pupa	9,7 \pm 0,09	7,9 \pm 0,07	14,84 ₁₂₈ ; <0,0001
Ovo-adulto	34,1 \pm 0,14	28,6 \pm 0,10	32,44 ₁₂₈ ; <0,0001

*Indica diferença entre as espécies de joaninhas, na mesma temperatura, pelo teste t ($\alpha = 0,05$).

P Indica comparação entre as temperaturas, na linha, dentro da mesma espécie.

Tabela 2. Características das fases adulta (média \pm EP) para as joaninhas *Tenuisvalvae notata* e *Cryptolaemus montrouzieri* criadas a 25 e 28 °C, e alimentadas com a cochonilha *Ferrisia dasyliirii* em $70 \pm 5\%$ de UR e 12h de fotofase.

Características	Temperaturas (°C)		Estatística Valor de t _{gl} ; P
	25	28	
<i>Tenuisvalvae notata</i>			
Pré-oviposição (dias)	1,9 \pm 0,22	1,8 \pm 0,27	0,00 ₂₈ ; 1,000
Oviposição (dias)	88,2 \pm 9,22*	86,9 \pm 7,27	0,11 ₂₈ ; 0,9148
Pós-oviposição (dias)	3,7 \pm 0,78	2,9 \pm 0,45	0,89 ₂₈ ; 0,3813
Longevidade das fêmeas (dias)	81,4 \pm 9,54	84,1 \pm 7,27	0,18 ₂₈ ; 0,8602
Fecundidade (ovos)	215,0 \pm 30,96*	302,3 \pm 30,90*	-2,00 ₂₈ ; 0,0557
Viabilidade (%)	87,7 \pm 25,09	80,7 \pm 25,49	-1,56 ₂₈ ; 0,1303
Razão sexual (descendência)	0,60 \pm 0,13	0,56 \pm 0,11	0,24 ₁₅ ; 0,8118
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>			
Pré-oviposição (dias)	6,2 \pm 1,25*	6,7 \pm 1,63*	-0,23 ₂₅ ; 0,8166
Oviposição (dias)	65,7 \pm 11,84	81,4 \pm 10,62	-0,98 ₂₅ ; 0,3367
Pós-oviposição (dias)	26,9 \pm 9,75*	8,8 \pm 2,09*	1,75 ₂₅ ; 0,0922
Longevidade das fêmeas (dias)	113,1 \pm 14,86*	112,8 \pm 11,24*	0,02 ₂₅ ; 0,9876
Fecundidade (ovos/fêmea)	152,8 \pm 30,42	133,0 \pm 34,26	0,43 ₂₅ ; 0,6686
Viabilidade (%)	79,8 \pm 25,94	55 \pm 23,99	1,36 ₂₅ ; 0,1848
Razão sexual (descendência)	0,46 \pm 0,12	0,43 \pm 0,08	0,13 ₁₃ ; 0,8988

*Indica diferença entre as espécies de joaninhas, na mesma temperatura, pelo teste t ($\alpha = 0,05$).
P Indica comparação entre as temperaturas, na linha, dentro da mesma espécie.

Tabela 3. Parâmetros de tabela de vida de fertilidade de *Tenuisvalvae notata* e *Cryptolaemus montrouzieri* alimentadas com *Ferrisia dasyliirii* em duas temperaturas. R_o (Taxa líquida de reprodução: ♀/♀); T (Tempo médio de geração; dias); r_m (Taxa intrínseca de crescimento populacional; ♀/♀*dia). $70 \pm 5\%$ de UR e 12h de fotofase.

Parâmetros ¹	Temperaturas (°C)	
	25	28
<i>Tenuisvalvae notata</i>		
R_o	77,4 a (53,5 - 101, 3)	87,6 a (68,4 - 106,8)
T	84,3 a (72,0 - 96,5)	71,4 b (64,8 - 77,9)
r_m	0,052 b (0,046 - 0,057)	0,063 a (0,058 - 0,067)*
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>		
R_o	48,9 a (27,7 - 69,9)	49,9 a (21,9 - 77,9)
T	82,3 a (64,6 - 87,7)	76,2 a (75,3 - 89,3)
r_m	0,048 a (0,044 - 0,058)	0,051 a (0,043 - 0,053)

¹Médias (IC a 95% de probabilidade) seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre as temperaturas pelo teste *t* por pares de comparação com base no erro estimado pelo método Jackknife. *Compara cada parâmetro, nas colunas, entre as espécies pelo IC a 95% de probabilidade.

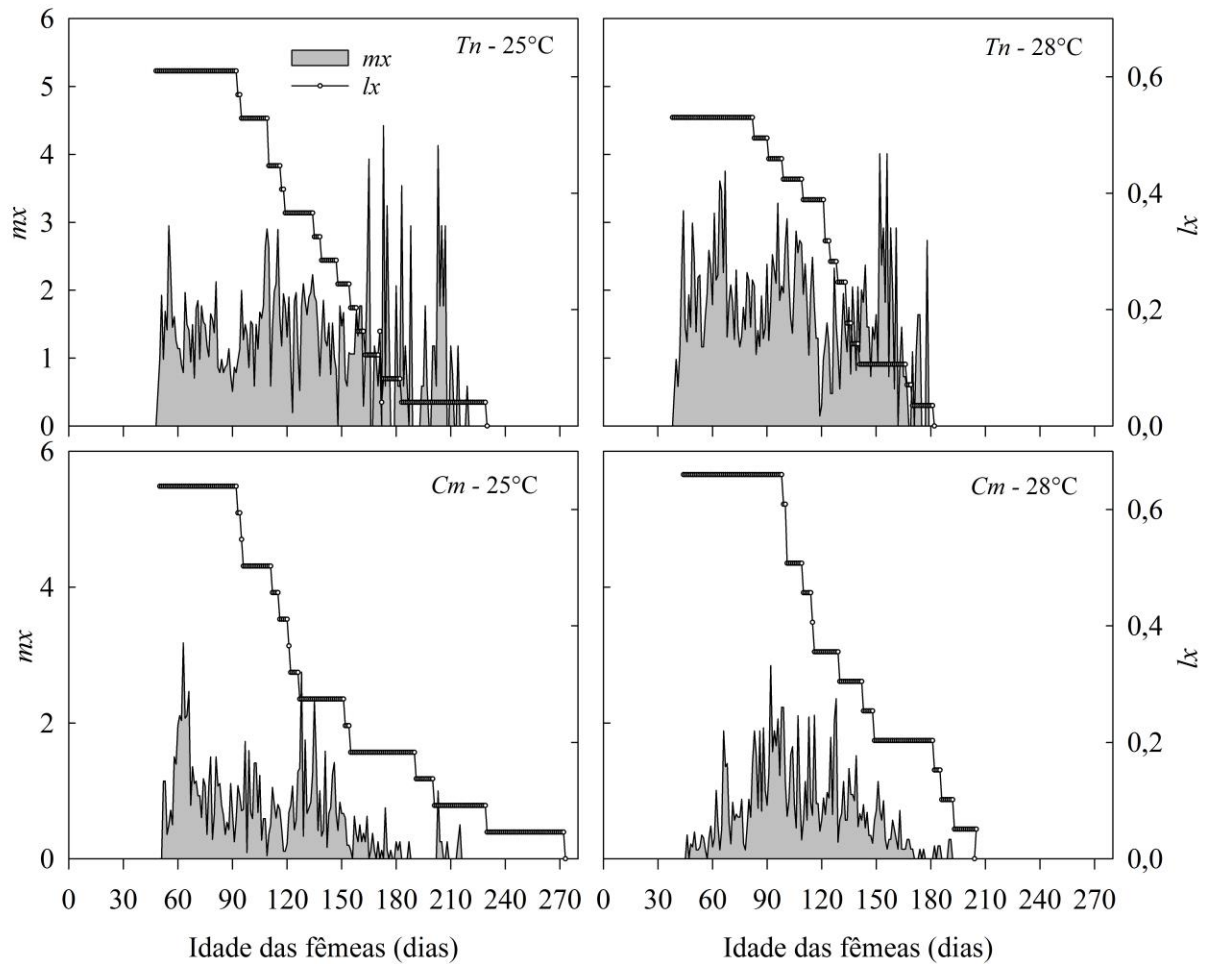


Figura 1. Produção de descendência fêmea (m_x) e taxa de sobrevivência específica (l_x) para *Tenuisvalvae notata* (Tn) e *Cryptolaemus montrouzieri* (Cm) alimentadas com *Ferrisia dasyliirii*, em duas temperaturas (25 e 28°C), em função da idade desde a sua eclosão. 70 ± 5% de UR e 12h de fotofase.

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados em nossos estudos, podemos sugerir que *T. notata* e *C. montrouzieri* se envolveram em interações negativas, na condição de escassez de presas, resultando em canibalismo e predação intraguildd, predominante da espécie introduzida *C. montrouzieri* sobre a espécie nativa de *T. notata*.

Baseado nos resultados de interações assimétricas em favor de *C. montrouzieri*, esta pode se tornar uma ameaça para a espécie nativa em locais de ocorrência mútua e falta de alimento e, conseqüentemente, afetar o potencial dessas joaninhas no controle biológico de cochonilhas em campos de cultivo.

Além disso, a temperatura de 28 °C foi a mais apropriada para criação de ambas as espécies de joaninhas, por reduzir o tempo de desenvolvimento e aumentar os valores dos parâmetros demográficos (R_0 e r_m). Isto mostra que o aumento de 25 para 28°C favoreceu o desempenho desses predadores.

T. notata e *C. montrouzieri* exibiram os maiores números de gerações anuais nas localidades de temperatura mais elevada, confirmando a influência direta desse fator no desenvolvimento dessas espécies. Podendo apresentar maior possibilidade de aumentar o nível populacional e conseqüentemente causar maior benefício para o controle de cochonilhas, tendo em vista que estas são pragas comuns nos períodos mais quentes do ano.

No entanto, em condições de criação, o melhor desempenho a 28°C proporcionará uma produção maior e mais rápida de predadores para atender as demandas dos produtores visando à liberação em campo. Pois, se as condições climáticas, da área em que deseja liberar inimigos

naturais para o controle biológico, for semelhante as condições em que essas espécies de joaninhas foram submetidas, nesta pesquisa, a expectativa de seu estabelecimento em campo aumentará.

Contudo, as estimativas feitas para o número anual de gerações para essas joaninhas nas diferentes localidades necessitam ser validada em campo, visto que além da temperatura, outros fatores, como a umidade, o alimento, etc., podem influenciar o estabelecimento e adaptação das populações dessas espécies. Como também, seria necessário desenvolver estudos de campo para avaliar melhor a importância das interações (intra e interespecífica) entre esses predadores, uma vez que o local dos experimentos atuais foi limitado, e em campo esse comportamento pode ser menos severo, onde pode existir habitats mais complexos com diversidade de recursos alimentares e a possibilidade de refúgio desses predadores, o que poderia reduzir o canibalismo e a predação intraguilda.