



General Entomology/Entomologia Geral

Resposta funcional comparada entre *Harmonia axyridis* (Pallas), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) e *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) alimentadas com *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) (Hemiptera: Aphididae)

Julianne Milléo¹✉, Rafael de Andrade Moral², Francisco Sales Fernandes³ & Wesley Augusto Conde Godoy³

1. Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2. Maynooth University. 3. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

EntomoBrasilis 12 (2): 70-76 (2019)

Resumo. O presente estudo teve como objetivos avaliar a resposta funcional dos instares larvais e adultos de três espécies de coccinélidos predadores [*Harmonia axyridis* (Pallas), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) e *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville] em diferentes densidades de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus), comparando o desempenho da espécie invasora com as espécies locais. Observou-se que *H. axyridis* consumiu mais insetos que as outras espécies; o número de pulgões predados pelas três espécies de coccinélidos aumentou com a troca do instares larvais e, que as fêmeas tenderam a preda mais pulgões que os machos. A voracidade das larvas de 4^o instar é similar a dos adultos, às vezes até maior, como no caso da *C. sanguinea*. Exceto no 1^o instar larval, todos os outros estágios de vida mostraram aumento do consumo de pulgões à medida que a oferta de presas aumenta. Os resultados mostraram que a resposta funcional do tipo III foi indicada apenas pelas larvas de 3^o instar de *H. axyridis* e nas demais espécies e estágios avaliados a resposta funcional foi do tipo II. Em geral *H. axyridis* apresentou assíntotas das respostas funcionais mais elevadas em comparação com as espécies anteriormente estabelecidas. Entretanto, a diferença entre a magnitude das curvas de respostas funcionais entre a invasora e as espécies locais não é muito acentuada, o que pode indicar pouco impacto da invasora sobre a população de recursos no campo e, uma tendência a adaptação e estabilização entre estas espécies da comunidade intraguilda.

Palavras-chaves: Afídeos; Capacidade predatória; Comunidade intraguilda; Controle biológico; Espécies invasoras.

Functional response compared between *Harmonia axyridis* (Pallas), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) and *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) (Hemiptera: Aphididae)

Abstract. The study evaluated the functional response of larval instars and adult of three species of coccinellids predator [*Harmonia axyridis* (Pallas), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) and *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville] in different densities of *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus), comparing the performance of the invasive species with the local species. It was observed that *H. axyridis* consumed more insects than the other species; the number of aphids preyed by the three species of coccinellids increased with the exchange of larval instars and that females tended to prey more aphids than males. The voracity of the 4th instar larvae is similar to that of adults, sometimes even larger, as in the case of *C. sanguinea*. Except for the first larval instar, all other stages of life have shown increased aphid consumption as the supply of prey increases. The results showed that the functional response of type III was indicated only by the 3rd instar larvae of *H. axyridis* and in the other species and stages evaluated the functional response was type II. In general *H. axyridis* presented asymptotes of the highest functional responses in comparison to the previously established species. However, the difference between the magnitude of the functional response curves between the invasive and the local species is not very pronounced, which may indicate little impact of the invasive on the population of resources in the field and a tendency to adaptation and stabilization between these species of the intraguild community.

Keywords: Aphids; Biological control; Intraguild community; Invasive species; Predation capacity.

Um número expressivo de espécies representantes da família Coccinellidae são conhecidos por serem predadores de pragas agrícolas e no tocante à variedade de presas consumidas, há significativa abrangência. Este grupo alimenta-se principalmente de afídeos (Hemiptera: Aphididae)

e coccídeos (Hemiptera: Coccidae), mas alguns predam ácaros (Acari), Adelgidae (Hemiptera), moscas-branca (Hemiptera: Aleyrodidae), formigas (Hymenoptera: Formicidae), larvas de crisomelídeos (Chrysomeloidea) e outros hemípteros como Cicadellidae, Pentatomidae e Phylloxeridae (ALMEIDA &

Edited by:

William Costa Rodrigues

Article History:

Received: 30.v.2018

Accepted: 30.v.2019

✉ Corresponding author:

Julianne Milléo

✉ jmilleo@hotmail.com

🌐 <https://orcid.org/0000-0003-4817-2461>

Funding agencies:

↪ Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

RIBEIRO-COSTA 2009). O fato da maioria dos coccinelídeos serem inimigos naturais de diversos hemípteros, torna-os potenciais agentes de controle biológico. Entretanto, algumas das espécies introduzidas para controle biológico tornaram-se invasoras e são vistas como uma ameaça às espécies nativas (MAGRO et al. 2010).

Harmonia axyridis (Pallas) é espécie considerada modelo de estudo de espécies exóticas e é, sem dúvida, responsável por grande volume de publicações sobre o assunto em comparação com outros coleópteros (ROY et al. 2011). Acredita-se que tanto a dispersão pelo voo, quanto através da introdução intencional como agente de controle biológico, ou mesmo acidental pelo transporte em produtos contaminados (por exemplo, flores e frutos), foram mecanismos importantes para a extensa propagação da *H. axyridis* (BROWN et al. 2011).

ROY et al. (2012) ao avaliarem os efeitos da chegada da *H. axyridis* sobre a distribuição e abundância de espécies nativas nos países europeus, tiveram clara indicação de que os coccinelídeos nativos têm diminuído acentuadamente. Esta constatação fornece fortes evidências da relação causal entre a chegada de uma espécie invasora e o declínio da biodiversidade nativa.

Introduções de espécies exóticas são sempre motivo de preocupação, sobretudo em localidades em que pouco se conhece da estrutura da fauna local, como ocorre no Brasil. Nesse sentido, o conhecimento sobre a interferência de *H. axyridis* sobre a estrutura das comunidades de insetos afidófagos e coccidófagos ainda é escasso (PELL et al. 2008).

Um dos critérios para avaliar a eficiência de um predador é a sua resposta alimentar a alterações na densidade de presa, ou seja, sua resposta funcional (HOLLING 1966). A resposta funcional de um predador é um fator chave que regula a dinâmica populacional de sistemas predador-presa. Ela descreve a taxa na qual um predador mata sua presa em diferentes densidades e, pode-se assim determinar a eficiência do predador em regular as populações das presas (MURDOCH & OATEN 1975). A resposta funcional representa uma descrição quantitativa do comportamento de um predador quando encontra diferentes densidades de sua presa (FARHADI et al. 2010).

O conhecimento das respostas funcionais de espécies invasoras e a comparação das funções entre espécies nativas pode ser útil para o estabelecimento de medidas de impacto ecológico. Segundo DICK et al. (2014) a forma e magnitude das curvas de resposta funcional podem informar se o predador introduzido tende a regular, estabilizar ou desestabilizar populações de presas, com implicações para a viabilidade das populações envolvidas.

Entre os coccinelídeos predadores bem estabelecidos, antes da chegada da *H. axyridis* no Brasil, destacam-se *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) e *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville, nativas respectivamente das regiões Neártica e Neotropical. Estas espécies eram encontradas em grande número nos levantamentos realizados pelo país (MENDES et al. 2000; MICHELOTTO et al. 2003; GUERREIRO et al. 2005).

Portanto, o presente estudo teve como objetivos avaliar a resposta funcional dos instares larvais e adultos de três espécies de coccinelídeos predadores (*H. axyridis*, *C. sanguinea* e *H. convergens*) em diferentes densidades de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Aphididae), comparando o desempenho da espécie invasora com as espécies locais.

MATERIAL E MÉTODOS

Criação dos insetos. Adultos dos Coccinellidae foram coletados no campo em sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] na Fazenda Areão (22° 42'30"S, 47° 30'00"W), área anexa

ao campus da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, SP, Brasil. No laboratório foram separados em casais, armazenados em placas de Petri de 9 cm de diâmetro, com algodão umedecido em solução de mel e água 50% e alimentados diariamente *ad libitum* com ovos congelados de *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae).

A criação estoque foi mantida em câmara climatizada com temperatura de 24,5 ± 1 °C, umidade de 70 ± 10% e fotofase de 12 h. A troca e a limpeza dos recipientes foram realizadas a cada 48 horas e as observações foram feitas diariamente.

Os exemplares de *Brevicoryne brassicae* foram coletados em couve (*Brassica oleracea* L.) no campo e transferidos para novas mudas de couve, adquiridas em viveiro comercial e substituídas sempre que necessário, para a manutenção da população estoque. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação na temperatura ambiente.

Consumo de presas. A cada 24 h, os ovos dos coccinelídeos foram separados para obtenção de larvas de idade uniforme. Após a eclosão, as larvas de 1º instar foram individualizadas em placas de Petri para evitar o canibalismo e submetidas ao jejum de 24 h. O mesmo procedimento foi adotado para os adultos e demais estádios (2º, 3º, 4º instares), sendo utilizados no experimento indivíduos de 0-24 h, após a troca de instar ou da emergência do adulto.

A densidade de pulgões ofertada aos coccinelídeos foi de: 1º e 2º instares – 2, 4, 8, 16 e 32; 3º instar – 4, 8, 16, 32 e 64; 4º instar e adultos – 8, 16, 32, 64 e 128. Ninfas de pulgões de 3º ou 4º instar foram transferidas para algodão umedecido com água no centro da placa de Petri de 9 cm de diâmetro. Os coccinelídeos foram soltos sempre a uma distância de 2 cm do centro. Cada combinação foi replicada 10 vezes e, após 24 h, as placas de Petri foram examinadas para registro do número de afídeos consumidos.

As placas de Petri dos testes foram mantidas por 24 h em câmara climatizada com temperatura de 24,5 ± 1 °C, umidade de 70 ± 10% e fotoperíodo de 12 h.

Seleção do modelo de resposta funcional. Modelos lineares binomiais foram ajustados na proporção das presas consumidas para cada estágio, incluindo os efeitos da densidade de presas, espécies predadoras e a interação entre esses fatores no modelo linear.

A estimativa dos parâmetros foi feita pelo método de verossimilhança máxima, empregando funções não lineares do pacote estatístico R (CRAWLEY 2012). O sinal do coeficiente linear dado pelo ajuste da função polinomial através da regressão logística foi utilizado para distinguir a resposta do tipo II da resposta do tipo III.

Os coeficientes de taxa de ataque e manipulação ao longo do tempo foram os parâmetros estimados e utilizados para avaliar a magnitude das respostas (PERVEZ 2005).

Modelo Holling tipo II foi ajustado aos dados para cada instar larval ou gênero, estimando dois parâmetros do modelo não-linear para cada espécie. Modelos reduzidos também foram ajustados aos dados para avaliar se os parâmetros do modelo foram estatisticamente iguais para uma ou mais espécies. Testes de razão de verossimilhança entre o modelo completo e os modelos reduzidos foram realizados e quando os valores-*p* associados foram maiores que 0,05 significou que o modelo completo (com parâmetros diferentes para cada espécie) não ajustou significativamente melhor os dados que o modelo reduzido e, portanto, o último foi adotado para descrever os dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à voracidade. Ao visualizar a Tabela 1 observa-se que: *H. axyridis* consumiu mais insetos que as outras espécies; o número de pulgões predados pelas três espécies de coccinelídeos aumentou com a troca do instares larvais e, que as fêmeas tenderam a predação mais pulgões que os machos.

A voracidade das larvas de 4º instar é similar a dos adultos, às vezes até maior, como no caso da *C. sanguinea*. O 4º instar larval e os adultos dos coccinelídeos apresentam maior necessidade nutricional e melhor mobilidade que outros instares e, portanto, mostram-se predadores mais eficientes. Resultados similares foram encontrados por FARHADI *et al.* (2010) para *Hippodamia variegata* (Goeze), as fêmeas e o 4º instar são as fases biológicas de melhor eficiência como predador. Os autores comentam que liberações massais desse predador possam ser mais eficientes se as populações liberadas tiverem maior abundância de indivíduos nos estágios finais, aumentando a eficácia do ataque dos pulgões logo após o lançamento.

Em relação à densidade das presas. Exceto no 1º instar larval, todos os outros estágios de vida mostraram aumento do consumo de pulgões à medida que a oferta de presas aumenta (Tabela 1). Este é o comportamento esperado pelos predadores.

ROJAS (2012) observou esse fato, principalmente em fêmeas adultas de *C. sanguinea* e, o autor comenta que o aumento na densidade de presas em ambiente confinado facilita uma maior taxa de encontros ao acaso e em menos tempo.

Nas densidades menores e intermediárias, os predadores alimentam-se de todos ou da grande maioria das presas oferecidas, mas à medida que a densidade aumenta ocorre uma maior variação na quantidade de afídeos consumidos por indivíduo. Resultados observados também por ISIKBER (2005) para *Scymnus levaillanti* Mulsant e *C. sanguinea* em *Aphis gossypii* Glover.

Nas larvas de 1º instar ocorreu a diminuição de presas consumidas pelos predadores com o aumento da densidade. Este fato pode estar refletindo tanto a saciação precoce das larvas, assim como a desistência de consumo em razão da baixa taxa de encontro entre predador e presa. PERVEZ (2005) encontrou resultados similares para fêmeas adultas de três espécies de coccinelídeos, *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius), *Coccinella transversalis* Fabricius e *Propylea dissecta* (Mulsant), em duas espécies de afídeos *Aphis craccivora* Koch e *Myzus persicae* (Sulzer). Os autores justificaram estes resultados sugerindo que as predadoras são mais eficientes em menores densidades de presas e que se saciam rapidamente.

Tabela 1. Proporção média de presas consumidas em cada densidade pelos diferentes estágios de vida de *Cycloneda sanguinea*, *Harmonia axyridis* e *Hippodamia convergens* (temperatura 24,5 ± 1°C, umidade 70 ± 10%, fotoperíodo 12h) ⁽¹⁾.

Estágio	Densidade	Média (%) ± erro padrão		
		<i>C. sanguinea</i>	<i>H. axyridis</i>	<i>H. convergens</i>
L1	2	95,00 ± 5,00 aA	100,00 ± 0,00	90,00 ± 6,67 aA
	4	62,50 ± 5,59 abA	80,00 ± 5,00 aA	85,00 ± 5,53 aA
	8	60,00 ± 4,08 abB	80,00 ± 5,00 aA	48,75 ± 4,35 bB
	16	34,38 ± 2,68 cA	37,50 ± 3,23 bA	29,38 ± 2,47 cA
	32	15,62 ± 1,47 dA	17,50 ± 1,69 cA	13,12 ± 1,53 dA
Interação Densidade x Predador: Desvio = 18,13, g.l.=8, p = 0,0202				
L2	2	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	95,00 ± 5,00 a
	4	87,50 ± 4,17 aA	95,00 ± 3,33 aA	100,00 ± 0,00
	8	57,50 ± 4,64 bB	83,75 ± 4,19 abA	78,75 ± 3,75 aA
	16	48,75 ± 3,20 bB	73,75 ± 5,88 bA	46,25 ± 1,67 bB
	32	26,56 ± 1,76 cB	48,12 ± 1,49 cA	34,06 ± 2,26 bAB
Interação Densidade x Predador: Desvio = 18,05, g.l.=8, p = 0,0209				
L3	4	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	95,00 ± 3,33 a
	8	90,00 ± 3,12 abA	91,25 ± 3,25 aA	85,00 ± 4,86 aA
	16	97,50 ± 1,02 aA	98,75 ± 0,83 aA	66,88 ± 5,36 bB
	32	77,81 ± 3,24 bB	97,19 ± 0,87 aA	63,75 ± 2,68 bC
	64	45,94 ± 2,64 cB	56,56 ± 3,47 bA	49,69 ± 3,06 cAB
Interação Densidade x Predador: Desvio = 127,39, g.l.=8, p < 0,0001				
L4	8	98,75 ± 1,25 aA	97,50 ± 1,67 aA	92,50 ± 2,76 aA
	16	98,75 ± 0,83 aA	99,38 ± 0,62 aA	77,50 ± 5,61 bB
	32	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	72,81 ± 4,35 b
	64	81,56 ± 1,34 bA	100,00 ± 0,00	79,38 ± 2,72 bA
	128	75,31 ± 2,34 bA	71,88 ± 9,35 bA	64,06 ± 4,07 cB
Interação Densidade x Predador: Desvio = 255,47, g.l.=8, p < 0,0001				
Ad ♀	8	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
	16	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
	32	98,75 ± 0,77 aA	97,50 ± 0,62 aA	95,00 ± 2,34 aA
	64	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	94,06 ± 2,63 a
	128	61,88 ± 2,23 bB	86,88 ± 4,36 bA	67,50 ± 4,28 bB
Interação Densidade x Predador: Desvio = 42,61, g.l.=8, p < 0,0001				
Ad ♂	8	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	95,00 ± 3,06 ab
	16	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	98,75 ± 1,25 a
	32	95,00 ± 1,25 aA	97,50 ± 1,53 aA	78,75 ± 10,15 bB
	64	86,88 ± 5,77 aA	100,00 ± 0,00	75,94 ± 6,20 bA
	128	61,71 ± 1,90 bB	83,12 ± 5,32 bA	50,62 ± 5,89 cB
Interação Densidade x Predador: Desvio = 43,40, g.l.=8, p < 0,0001				

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente (p = 0,05).

Onde: (L1) larva de 1º instar; (L2) larva de 2º instar; (L3) larva de 3º instar; (L4) larva de 4º instar; (Ad ♀) fêmea adulta; (Ad ♂) macho adulto.

Em relação à Resposta Funcional. Os resultados mostraram que a resposta funcional do tipo III foi indicada apenas pelas larvas de 3º instar de *H. axyridis* cuja função mostrou um aumento inicial na proporção consumida em relação ao número de presas ofertadas (Tabela 2). Predadores que exibem resposta do tipo III apresentam taxa de consumo inferior nas densidades menores, necessitando de maior chance de encontro para aumentar o ataque às presas (ISIKBER 2005).

FARHADI et al. (2010) comentam que respostas funcionais do tipo III são menos comuns entre os coccinelídeos. Entretanto, outros autores também encontraram esta variação nos resultados: ISIKBER (2005) ao comparar respostas funcionais de duas espécies de Coccinellidae sob três diferentes temperaturas, observou que apenas aos 25 °C as fêmeas adultas de *C. sanguinea* apresentaram resposta funcional tipo III. Já SARMENTO et al. (2007) mostraram que fêmeas adultas de *Eriopis connexa* (Germar) apresentam diferentes tipos de respostas funcionais dependendo da espécie de presa. Em *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) a resposta funcional foi tipo III e em *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard tipo II.

Nos demais estágios avaliados a resposta funcional foi do tipo II (Tabela 2). Predadores que exibem resposta do tipo II evidenciam alta taxa de ataque para todas as densidades (ISIKBER 2005). No tocante ao controle biológico presume-se que a espécie de predador desejável é a que exhibe maior taxa de ataque independente da densidade de presas, ou seja, predadores com resposta funcional do tipo II (OBRZYCKI & KRING 1998).

Este tipo de resposta funcional tem sido registrado frequentemente para diferentes coccinelídeos: fêmeas adultas de *C. sanguinea* (exceto na temperatura de 25° C) e *S. levaillanti* em *A. gossypii* (ISIKBER 2005); larvas e adultos de *C. sanguinea* (exceto 2º instar) em *Schizaphis graminum* (Rondani) (SANTA-CECÍLIA et al. 2001); larvas e fêmeas adultas de *H. axyridis* em diferentes densidades de *A. gossypii* (LEE & KANG 2004; MACÍAS et al. 2010); larvas e adultos de *H. axyridis* em *M. persicae* (SEKO & MIURA 2008); larvas e adultos de *H. variegata* em *Aphis fabae* Scopoli (FARHADI et al. 2010); larvas de 3º e 4º instares e fêmeas adultas de *H. variegata* em *A. gossypii* e *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (MADADI et al. 2011); para fêmeas adultas de *H. variegata* em *A. gossypii* (DEHKORDI et al. 2012).

Os parâmetros estimados a partir da resposta funcional tipo II indicaram que as larvas de 4º instar do predador *C. sanguinea* bem como o 1º instar e os machos adultos de *H. axyridis* tiveram valores menores para o tempo de manuseio (T_h) e maiores para a taxa de ataque (a). Portanto, demoram menos tempo para processar o alimento e são predadores eficientes, exigindo mais pulgões para saciar-se em comparação com as outras espécies. Esse fato pode ser vantajoso principalmente para as larvas de 1º instar de *H. axyridis*, favorecendo sua sobrevivência nessa fase mais vulnerável.

Em geral, as diferenças nos coeficientes da taxa de ataque e do tempo de manipulação variaram entre as espécies e entre os estágios de vida, o que indica que os coccinelídeos apresentam diferentes habilidades para responder ao aumento da densidade de presas e que estes parâmetros são afetados pela espécie do predador e por sua biologia.

Tabela 2. Comparação entre padrões e constantes de resposta funcional de *Cycloneda sanguinea*, *Harmonia axyridis* e *Hippodamia convergens* em *Brevicoryne brassicae* (temperatura 24,5 ± 1°C, umidade 70 ± 10%, fotoperíodo 12h).

Coccinellidae	Instar	Tipo	a/b	T_h/c	d	Th
<i>C. sanguinea</i>	L1	II	0,0626	3,8049		
<i>H. axyridis</i>	L1	II	0,0846	3,4033		
<i>H. convergens</i>	L1	II	0,0840	4,8102		
<i>C. sanguinea</i>	L2	II	0,0496	2,1088		
<i>H. axyridis</i>	L2	II	0,0496	0,9012		
<i>H. convergens</i>	L2	II	0,0516	1,6791		
<i>C. sanguinea</i>	L3	II	0,0565	0,4891		
<i>H. axyridis</i>	L3	III	0,0007	-0,0472	0,0294	1,09
<i>H. convergens</i>	L3	II	0,0357	0,3159		
<i>C. sanguinea</i>	L4	II	0,0562	0,0690		
<i>H. axyridis</i>	L4	II	0,0438	0,0998		
<i>H. convergens</i>	L4	II	0,0471	0,0697		
<i>C. sanguinea</i>	Ad ♀	II	0,0507	0,1483		
<i>H. axyridis</i>	Ad ♀	II	0,0500	0,0230		
<i>H. convergens</i>	Ad ♀	II	0,0508	0,1200		
<i>C. sanguinea</i>	Ad ♂	II	0,0430	0,1461		
<i>H. axyridis</i>	Ad ♂	II	0,0468	0,0574		
<i>H. convergens</i>	Ad ♂	II	0,0355	0,1982		

Onde: (L1) larva de 1º instar; (L2) larva de 2º instar; (L3) larva de 3º instar; (L4) larva de 4º instar; (Ad ♀) fêmea adulta; (Ad ♂) macho adulto; (a): taxa de ataque; (T_h): tempo de manuseio; (b, c, d): constantes matemáticas das funções.

A Figura 1 compara as curvas de resposta funcional de *C. sanguinea*, *H. axyridis* e *H. convergens* nos distintos estágios de vida.

Adulto macho – Nas densidades mais baixas da presa os três coccinelídeos apresentaram a taxa relativa de consumo similar, mas à medida que aumentou a oferta dos pulgões houve aumento mais expressivo da resposta funcional de *H. axyridis*, seguida de *C. sanguinea* e por último *H. convergens*.

Adulto fêmea – Assim como ocorreu para os machos, nas densidades menores a resposta funcional foi semelhante para as três espécies. Isso pode ser um indicativo de que estes coccinelídeos serão mais eficientes em densidades mais baixas da presa. Entretanto, *H. axyridis* respondeu mais vigorosamente nas densidades mais altas e, para *C. sanguinea* e *H. convergens* as taxas relativas de consumo continuaram semelhantes.

L3 – *H. axyridis* mostrou taxa relativa de consumo de presa superior as espécies locais, entretanto neste instar, a resposta funcional da invasora é do tipo III e de *C. sanguinea* e *H. convergens* é do tipo II. No ponto onde as curvas de *H. axyridis* e de *C. sanguinea* se cruzam, considerou-se que a taxa relativa de consumo de presa foi igual. Antes deste ponto a resposta funcional de *C. sanguinea* foi mais elevada e, após este ponto a situação se inverte.

Segundo Dick *et al.* (2014) a taxa de alimentação mais elevada de uma espécie invasora pode ser enganosa no que diz respeito ao impacto sobre a presa. Como no caso da *H. axyridis* a resposta funcional tipo III “em teoria”, e na ausência de outros fatores atenuantes, poderia regular a população de presas a uma baixa densidade conferindo estabilidade à dinâmica predador-presa e mantendo a população estável. Na hipótese dos autores, os outros coccinelídeos que apresentaram resposta funcional tipo II poderiam consumir a maioria, se não todas as presas em baixas densidades podendo levar a população à extinção.

L4 – A resposta funcional de *H. axyridis* e de *C. sanguinea* foi bem semelhante e um pouco superior a de *H. convergens*.

L1 – Em todas as densidades a taxa relativa de consumo de presa de *H. axyridis* foi superior a das outras espécies. As curvas de *C. sanguinea* e *H. convergens* foram semelhantes nas densidades mais baixas. Entretanto, com o aumento da oferta de pulgões, *C. sanguinea* melhorou seu desempenho em relação a *H. convergens*.

PERVEZ (2005) comenta que nas densidades maiores de presas alguns coccinelídeos se saciam mais rapidamente diminuindo

a sua resposta funcional. No presente experimento, este fato pode justificar a menor voracidade de *H. convergens* em alguns estágios de vida, tais como macho adulto e larvas de 1º e 4º instares.

L2 – Assim como ocorreu para as larvas de 1º instar, a resposta funcional de *H. axyridis* também foi superior a das outras espécies em todas as densidades. E, *H. convergens* apresentou a taxa relativa de consumo de presa um pouco mais elevada em relação a *C. sanguinea*.

Os resultados mostraram que entre os predadores avaliados, *H. axyridis* é um agente de controle biológico mais eficiente.

As fêmeas adultas e as larvas de 4º instar foram os estágios de vida mais vorazes nas três espécies de coccinelídeos. Portanto, em programas de controle biológico é interessante liberações massais de indivíduos nos estágios finais de vida.

Os coccinelídeos responderam diferentemente ao aumento da oferta de presas, inclusive apresentando diferenças na resposta funcional entre estágios de vida de uma mesma espécie.

Em geral *H. axyridis* apresentou assíntotas das respostas funcionais mais elevadas em comparação com as espécies anteriormente estabelecidas (*C. sanguinea* e *H. convergens*). Entretanto, a diferença entre a magnitude das curvas de respostas funcionais entre a invasora e as espécies locais não é muito acentuada, o que pode indicar pouco impacto da invasora sobre a população de recursos no campo e, uma tendência a adaptação e estabilização entre estas espécies da comunidade intraguilda.

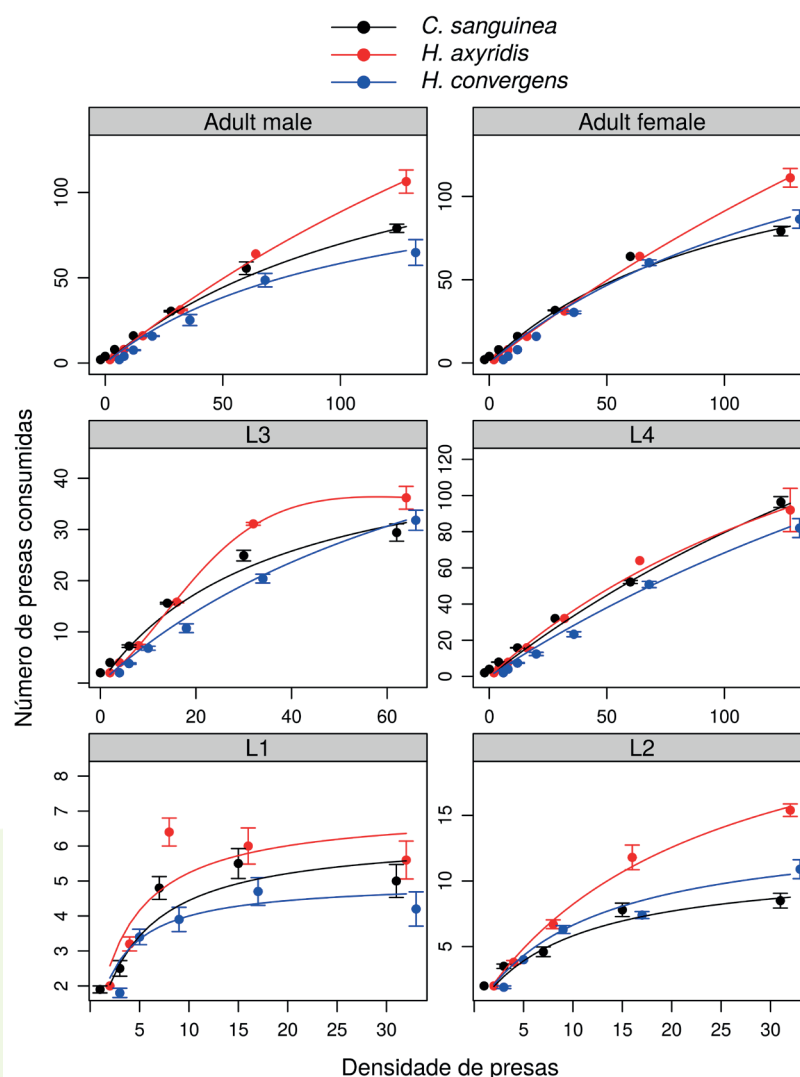


Figura 1. Comparação entre curvas de resposta funcional de *Cycloneda sanguinea*, *Harmonia axyridis* e *Hippodamia convergens*.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de pós-doutorado (Processo nº 157826/2011-2).

REFERÊNCIAS

- Almeida, LM de & CS Ribeiro-Costa, 2009. Coleópteros predadores (Coccinellidae), pp. 931-968. In: Panizzi, AR & JR Parra (Ed.) Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- Brown, P, R Frost, J Doberski, T Sparks, R Harrington & H Roy, 2011. Decline in native ladybirds in response to the arrival of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): early evidence from England. *Ecological Entomology*, 36: 231-240. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2011.01264.x>.
- Crawley, MJ, 2012. *The R Book*. Second Edition, Chichester: John Wiley and Sons Ltda.
- Dehkordi, SD, A Sahragard & J Hajizadeh, 2012. Comparison of functional response of two and one individual female predator, *Hippodamia variegata* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Munis Entomology & Zoology Journal*, 7: 998-1005. Available on: <<http://www.munisentzool.org/yayin/vol7/issue2/998-1005.pdf>> [Accessed in: 30.v.2018].
- Dick, JTA, ME Alexander, JM Jeschke, A Ricciardi, HJ Macisaac, TB Robinson, S Kumschick, OLF Weyl, AM Dunn, MJ Hatcher, RA Paterson, KD Farnsworth & DM Richardson, 2014. Advancing impact prediction and hypothesis testing in invasion ecology using a comparative functional response approach. *Biological Invasions*, 16: 735-753. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0550-8>.
- Farhadi, R, H Allahyari & SA Juliano, 2010. Functional response of larval and stages of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 39: 1586-1592. DOI: <https://doi.org/10.1603/en09285>.
- Guerreiro, J.C., P.R.R. Bueno, E. Berti Filho & A.C. Busoli, 2005. Ocorrência estacional das principais espécies de Coccinellidae predadores de *Toxoptera citricida* nos citros. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, 4: 1-14. Available on: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/BxcAduBWk17hScx_2013-4-29-14-36-0.pdf>. [Accessed in: 30.v.2018].
- Holling, CS, 1966. Functional response of invertebrate predators to prey density. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 48: 1-87. DOI: <https://doi.org/10.4039/entm9848fv>.
- Isikber, AA, 2005. Functional Response of Two Coccinellid Predators, *Scymnus levaillanti* and *Cycloneda sanguinea*, to the Cotton Aphid, *Aphis gossypii*. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29: 347-355. Available on: <<http://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/issues/tar-05-29-5/tar-29-5-3-0411-10.pdf>>. [Accessed in: 30.v.2018].
- Lee, J-H & T-J Kang, 2004. Functional response of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) in the Laboratory. *Biological Control*, 31: 306-310. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.04.011>.
- Macías, AF, SR Navarro, MG Ramos-Espinosa & FP Zelaya, 2010. Estudio de *Harmonia axyridis* Pallas (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) como bioagente e de control de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Interciencia*, 35: 506-509. Available in: <<http://www.redalyc.org/pdf/339/33914381006.pdf>>. [Accessed on: 30.v.2018].
- Madadi, H, EM Parizi, H Allahyari & A Enkegaard, 2011. Assessment of the biological control capability of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) using functional response experiments. *Journal of Pest Science*, 84: 447-455. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-011-0387-9>.
- Magro, A, E Lecompte, F Magne, JL Hemptinne & B Crouau-Roy, 2010. Phylogeny of ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae): Are the subfamilies monophyletic? *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54:833-848. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.10.022>.
- Mendes, S, MN Cerviño, VHP Bueno & AM Auad, 2000. Diversidade de pulgões e de seus parasitoides e predadores na cultura da alfafa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35: 1305-1310. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2000000700003>.
- Michelotto, MD, RA Silva, JC Guerreiro & AC Busoli, 2003. Diversity and abundance of coccinellids on six cotton cultivars (*Gossypium hirsutum* L.). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 29: 219-226.
- Murdoch, WW & A Oaten, 1975. Predation and population stability. *Advances in Ecological Research*, 9: 1-131. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0065-2504\(08\)60288-3](https://doi.org/10.1016/s0065-2504(08)60288-3).
- Obrycki, JJ & TJ Kring, 1998. Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annual Review of Entomology*, 43: 295-321. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.295>.
- Pell, JK, J Baverstock, HE Roy, RL Ware & MEN Majerus, 2008. Intraguild predation involving *Harmonia axyridis*: a review of current knowledge and future perspectives. *BioControl*, 53: 147-168. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9125-x>.
- Pervez, A, 2005. Functional responses of coccinellid predators: An illustration of a logistic approach. *Journal of Insect Science*, 5: 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1673/031.005.0501>.
- Rojas, YAS, 2012. Potencial biológico de *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentado con *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae) en el estado Lara, Venezuela. Dissertation (Master) - Universidad Central de Venezuela.
- Roy, HE, P de Clercq, L-JL Handley, RL Poland, JJ Sloggett & E Wajnberg, 2011. Alien arthropod predators and parasitoids: an ecological approach. *BioControl*, 56: 375-382. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9388-0>.
- Roy, HE, T Adriaens, NJB Isaac, M Kenis, T Onkelinx, GS Martin, PMJ Brown, L Hautier, R Poland, DB Roy, R Comont, R Eschen, R Frost, R Zindel, J Van Vlaenderen, O Nedved, HP Ravn, J-C Grégoire, J-C de Biseau & D Maes, 2012. Invasive alien predator causes rapid declines of native European ladybirds. *Diversity and Distributions*, 18: 717-725. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2012.00883.x>.
- Santa-Cecília, LVC, RCR Gonçalves-Gervásio, RMS Torres & FR Nascimento, 2001. Aspectos biológicos e consumo alimentar de larvas de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentadas com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae). *Ciência e Agrotecnologia*, 25: 1273-1278.
- Sarmento, RA, A Pallini, M Venzon, OFF Souza, AJ Molina-Rugama & CL Oliveira, 2007. Functional Response of the Predator *Eriopis conxa* (Coleoptera: Coccinellidae) to Different Prey Types. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50: 121-126. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1516-89132007000100014>.
- Seko, T & K Miura, 2008. Functional response of the lady beetle *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) on the aphid *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Applied Entomology and Zoology*, 43: 341-345. DOI: <https://doi.org/10.1303/aez.2008.341>.



Suggestion citation:

Milléo, J, R de A Moral, FS Fernandes & WAC Godoy, 2019. Resposta funcional comparada entre *Harmonia axyridis* (Pallas), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) e *Hippodamia convergens* Guerin Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) alimentadas com *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) (Hemiptera: Aphididae). EntomoBrasilis, 12 (2): 70-76.

Available on: [doi:10.12741/ebrasilis.v12i2.796](https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v12i2.796)

